

66735

B 222-1R201-MAN-B

Direction de l'Environnement et de l'Aménagement du Littoral

Elaboration d'un outil de gestion prévisionnelle  
de la côte Aquitaine

PHASE 1

**"BILAN DES CONNAISSANCES SUR L'EVOLUTION  
DU TRAIT DE COTE"**



CONTRAT DE PLAN ETAT-REGION  
1997-1999

Convention pluri-annuelle  
Région AQUITAINE-BRGM-IFREMER



IFREMER Bibliothèque de BREST



OEL10976

**Direction de l'Environnement et de l'Aménagement du Littoral**

**CONTRAT DE PLAN ETAT-REGION  
1997-1999**

**Convention pluri-annuelle  
Région AQUITAINE-BRGM-IFREMER**

**Elaboration d'un outil de gestion prévisionnelle  
de la côte d'Aquitaine**

**ETAT D'AVANCEMENT DE LA PHASE 1**  
**« *Bilan des connaissances sur l'évolution du trait de côte* »**

**François MANAUD**

# SOMMAIRE

## 1. DONNEES

- 1.1. CARTES TOPOGRAPHIQUES ET HYDROGRAPHIQUES
  - 1.1.1. *Cartes topographiques*
  - 1.1.2. *Cartes marines*
- 1.2. PHOTOGRAPHIES AERIENNES ET IMAGERIE SATELLITAIRE
  - 1.2.1. *I.G.N.*
  - 1.2.2. *Autres*
- 1.3. TOPO-PLANIMETRIE
  - 1.3.1. *Planimétrie.*
  - 1.3.2. *Topographie*
- 1.4. FACTEURS GEOLOGIQUES
  - 1.4.1. *Morphologie*
  - 1.4.2. *Structure*
  - 1.4.3. *Tectonique*
  - 1.4.4. *Climat et niveau marin*
- 1.5. FACTEURS PHYSIQUES
  - 1.5.1. *Vent*
  - 1.5.2. *Hydrodynamique*
- 1.6. FACTEURS ANTHROPIQUES

## 2. EVOLUTION

- 2.1. EVOLUTION PAR ZONES
  - 2.1.1. *Estuaire de la Gironde - Pointe de la Négade*
  - 2.1.2. *Pointe de la Négade - Arcachon*
  - 2.1.3. *Abords d'Arcachon*
  - 2.1.4. *Arcachon - Capbreton,*
  - 2.1.5. *Capbreton - Adour*
  - 2.1.6. *Adour - Pte St Martin*
- 2.2. EVOLUTION PAR PERIODES
  - 2.2.1. *Evolution de la côte sur l'ensemble de la période (1740-1980)*
  - 2.2.2. *Période 1967-1985*
  - 2.2.3. *Période 1985-1996*

## 3. MOYENS DE PREVISION

- 3.1. CONNAISSANCE DES PROCESSUS
  - 3.1.1. *Transport éolien*
  - 3.1.2. *Transport hydraulique*
  - 3.1.3. *Transport par le courant de marée*
  - 3.1.4. *Formes résultantes*
- 3.2. BILANS SEDIMENTAIRES
- 3.3. MODELES DE SIMULATIONS
  - 3.3.1. *Modèles physiques*
  - 3.3.2. *Formulation empirique du transport sédimentaire*
  - 3.3.3. *Modèles numériques hydrodynamiques et morphologiques*
  - 3.3.4. *Eléments de perspectives*

## 4. PROGRAMME 1998 ET 1999

## Liste des figures

- Fig. 1 : Carte de LAFON, 1876.  
Fig. 2 : Profils O.N.F., 1968.  
Fig. 3 : Profils O.N.F., 1990-1996.  
Fig. 4 : Carte de répartition des sédiments superficiels sur le plateau continental (ALLEN et CASTAING, 1977).  
Fig. 5 : Rivages holocènes (LCHF, 1979).  
Fig. 6 : Provinces sédimentologiques de la Gironde à la frontière espagnole (LCHF, 1987).  
Fig. 7 : Recul moyen du trait de côte (en m/an) selon les époques et les sites considérés (LCHF, 1979).  
Fig. 8 : Recul annuel moyen du trait de côte entre la Gironde et l'Adour (L.C.H.F., 1985).  
Fig. 9 : Schéma de l'évolution holocène du littoral Aquitain, *in* FROIDEFOND, 1985.  
Fig. 10 : Importance du transit sur le littoral Aquitain (PENIN, 1980).

## Liste des tableaux

- Tab. 1 : Photographies aériennes. Chronologie des couvertures complètes par feuille IGN au 1/50 000.  
Tab. 2 : Types de houles présents à Arcachon, déduits des différentes statistiques utilisées (incidence Ouest-Nord-Ouest) (CAYOCCA, 1996).  
Tab. 3 : Durées de retour des valeurs maximales de l'agitation dans le Golfe de Gascogne (*in* VASSAL, 1980) (moyenne des hauteurs de 1/10 plus hautes vagues en mètres).  
Tab. 4 : Fréquence par secteur (L.C.H.F., 1969 a).

## INTRODUCTION

— L'élaboration d'un outil d'aide à la gestion de la côte d'Aquitaine nécessite dans un premier temps de retracer l'historique des transformations qui ont façonné le tracé de la côte entre la Pointe de Grave et la Pointe St Martin (Biarritz). —

L'examen des données disponibles et des diagnostics d'évolution déjà proposés par le passé fait l'objet du présent rapport annexe "**Bilan des connaissances sur l'évolution du trait de côte**".

Un second rapport annexe traite de l'"**Exploitation des Cartes anciennes marines et terrestres**", première phase de mise en conformité cartographique et de vérification de l'évolution à long terme.

## 1. DONNEES

### 1.1. CARTES

#### 1.1.1. Cartes topographiques

Depuis le XVIIIème siècle, de nombreux documents cartographiques ont figuré la ligne de rivage du littoral de Gascogne.

Cependant, bien peu de ces documents présentent les garanties suffisantes pour servir de base à une démarche comparative rigoureuse permettant de suivre et d'évaluer réellement les changements intervenus.

Les cartes du XVIIIème siècle (MASSE, BELLEYME, CASSINI) ne sont pas géométriquement exploitables pour positionner le trait de côte, du fait de l'absence de repères encore identifiables dans la zone côtière.

La Carte Générale des Dunes, commandée par le Service des Ponts et Chaussées, levée en Gironde par le géomètre du cadastre PAGNEAU entre 1818 et 1820 à l'échelle du 1/10 000, et dans les Landes, par le géomètre DUMONT en 1822, à l'échelle du 1/20 000, donne une description soignée de l'occupation du sol mais trop peu de repères exploitables sur le trait de côte lui-même.

La carte au 1/80 000 dite de l'Etat-Major (1850) présente des erreurs planimétriques importantes (de l'ordre de la centaine de mètres) et de caractère tout à fait irrégulier. C'est sur elle que se sont appuyées, jusqu'après la dernière guerre, les éditions successives des cartes au 1/50 000 couvrant la côte ; dans la période de reconstruction qui suit, "les études sur le littoral Aquitain se heurtent à l'absence de cartes récentes et à l'imprécision des documents existants sur la position précise du rivage" (O.N.F., 1968).

Les Eaux et Forêts - qui ont remplacé en 1862 les Ponts et Chaussées pour le "Service des Dunes" - font lever au 1/5 000 les forêts domaniales (plans de G. LAFON, 1875, pour Soulac-Hourtin (Fig. 1), de M. DE LASSASSEIGNE DE LA PORTE, 1882, pour Lacanau, etc...). Ces travaux topographiques, d'une facture très soignée quant à leur objet (aménagement forestier) ne traitent la côte que de manière schématisée.

**La carte de France IGN au 1/25 000** a été terminée pour cette zone en 1969 ; ce travail, basé sur un levé photogrammétrique complété sur le terrain, a constitué un progrès considérable en permettant des localisations à 5-10 mètres près. C'est sur ce support que se sont appuyées les opérations d'aménagement de la MIACA lancées dans les années 1970.

Des mises à jour partielles de cette carte ont été menées depuis lors par l'I.G.N., mais n'intéressent, en dehors des zones d'embouchures où les modifications de rivages ont été les plus importantes, que les extensions urbaines et les réseaux.

### 1.1.2. Cartes marines

Les premiers levés de grande exactitude qui concernent l'ensemble de la côte Aquitaine ont été réalisés lors des missions hydrographiques de BEAUTEMPS-BEAUPRE sous la Restauration (1824-1826). C'est de ce travail qu'est extrait le trait de côte servant de référence ancienne dans la quantification de l'évolution à long terme (cf. Rapport annexe n° 2).

Entre 1951 et 1992, le Service Hydrographique de la Marine a réalisé des levés topographiques et bathymétriques partiels de mise à jour couvrant les zones d'embouchures fréquentées par la navigation à savoir :

- abords du Bassin d'Arcachon,
- côte de Vieux-Boucau à St Jean de Luz

Océanographes et universitaires ont réalisé des compilations à petite échelle des bathymétries du Golfe de Gascogne (BERTHOIS L. *et al.*, 1965 ; CARALP *et al.*, 1971 ; BERTHOIS, 1974) et un certain nombre de cartes composites à moyenne échelle de secteurs particuliers tels que le plateau du Cap Ferret (DE RESSEGUIER et FROIDEFOND, 1979), ou le plateau Sud-Gascogne entre Vieux-Boucau et Hendaye (FROIDEFOND, 1980).

Nous renvoyons au rapport de "Comparaison des levés anciens et modernes " pour la partie cartographique de l'étude.

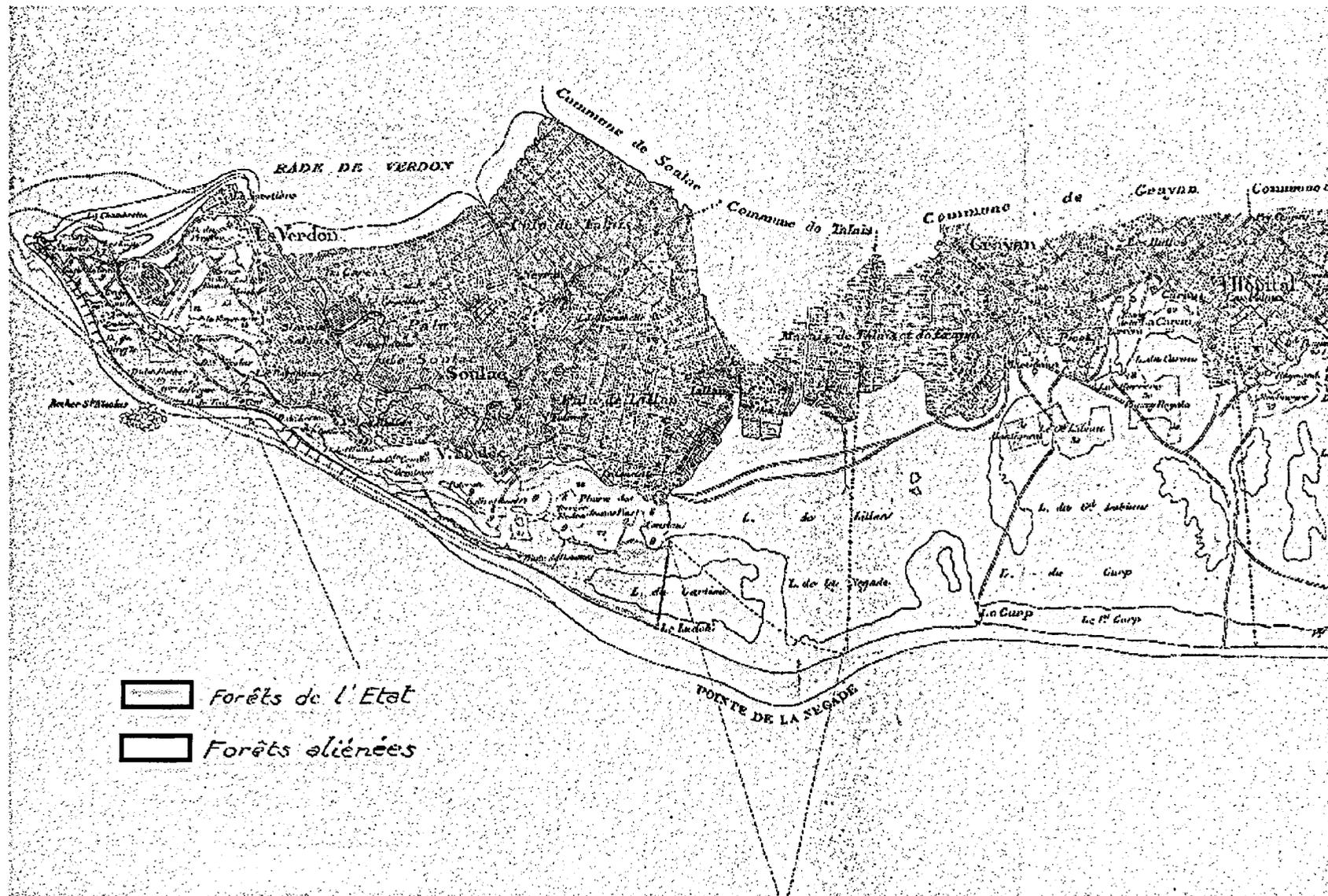


Figure 1 : Carte de LAFON, 1876

## 1.2. PHOTOS ET IMAGERIE

### 1.2.1. I.G.N.

De nombreuses missions de photographie aérienne ont été menées sur la côte à partir des années 1930 par l'IGN (Tab. 1) et les services de l'urbanisme. (cf. Annexe).

Année-	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80	81-85	86-90	91-95	96-00
Cordouan			45	50		57-59		70	74-75 76-77 79	84	87-89	91		
Soulac		37		47-50		57	65	69	73	79	82-84	86-88	91-95	
St Vivien				47-50		57	64	66	73	77-79	82	86-88	91	
Le Junca		37		47-50		57	65		73	77-79	82-84	88	91-95	
Carcans				47-50		57	65-66 68		73	77-79	82-84		91-95	
Le Porge			45	47-50		57	65		71-73	77-79	82-84 85		91-95	
Arcachon	34			47-50		57	65	68	72-73 77-79 80	82-84 85	87	91-93		
La Teste				47-50		57-59	64	68		77-79	82-83		91-95	
Biscarrosse		37		47-50		56-59		68	74	77-79	82-83		92-95	
Mimizan		37		47-50		56-59	65	68	74	77	82-83	87	92-95	
Lit-et-M.		38		47-50		56-59	65	68	74	77	82-83	87	92-95	
Soustons		38		47-50		56-59	65	68	74	77	82-83	87-89	92-95	
St Vincent				47-48		56-57	64-65	66	74	79	81-82 85	89	92	
Bayonne		38			54		62	69-69	72	76-77 79	81-82 85	88-89	92-94	

Couverture de la feuille à 100 %



Couverture de la feuille > 60 %



**Tableau 1 : Photographies aériennes.**  
Chronologie des couvertures complètes par feuille IGN au 1/50 000.

### 1.2.2. Autres

#### *Armée*

L'U.S. Army groupe aérien 33, a réalisé une mission en 1947, à l'échelle 1/28 000, de l'ensemble de la côte (cité *in* DUGAS, 1966).

#### *O.N.F.*

L'Office National des Forêts, pour conduire ses travaux d'entretien de la dune littorale, a fait réaliser plusieurs missions spéciales de photographies aériennes verticales :

- Mission du 21 juillet 1985, de la pointe de Grave à Capbreton.
- Mission du 9 Août 1989.
- Mission du 3 septembre 1994, avec des compléments les 5 octobre et 14 novembre, de la pointe de Grave à Anglet.

Le travail a été effectué par AEROPHOTO-Industrie (Mérignac) en émulsion panchromatique, format 24x24 avec recouvrement de 50 %.

Une seule mission semble avoir été exploitée pour étudier la plage : "la description morphodynamique du littoral et la détermination de la position du trait de côte actuel (...) et de l'abrupt d'envahissement de la dune vive sur la lette ont été faites (partie girondine) sur la mission de 1994". (SOGREAH-LARAG, 1995).

### ***1.3. TOPO-PLANIMETRIE***

#### **1.3.1. Planimétrie**

##### **1.3.1.1. Points géodésiques I.G.N.**

"Pour remplacer l'ancienne triangulation exécutée entre 1818 et 1860 pour servir d'appui à la carte au 1/80 000 dite d'Etat-Major (on ne retrouve actuellement qu'une très faible proportion des points géodésiques de cette ancienne triangulation), une nouvelle triangulation a été réalisée après la dernière guerre. Sa précision a été poussée jusqu'au 4ème ordre de manière à servir aussi à tous les levés à très grande échelle, levés du cadastre en particulier" (...) "(IGN, 1950).

##### **1.3.1.2. Points kilométriques O.N.F.**

"La permanence des travaux de dunes effectués depuis plus d'un siècle (Administration des Ponts et Chaussées jusqu'en 1862, Administration des Eaux et Forêts jusqu'en 1966, puis Office National des Forêts) a nécessité l'implantation de repères sur la dune domaniale.

C'est ainsi qu'ont été mis en place tous les kilomètres des poteaux métalliques numérotés selon leur point kilométrique (P.K.).

- La base de départ en Gironde (PK 0) est située au Nord de Soulac (Arros). Le PK à la Pointe de Grave se trouve ainsi être négatif : - 6,450.
- Le PK terminal pour la Gironde est fixé à 120, situé à la limite départementale.
- La base de départ dans les Landes, ou PK 0, correspond à la même limite départementale.
- Le PK terminal à Tarnos est le PK 106,800.

Si en théorie la notion de PK est très nette, en pratique elle s'applique à un élément (la dune littorale) qui est loin d'être défini parfaitement et qui varie selon son remodelage naturel et artificiel. L'intérêt du PK est d'être le seul repère qui permette d'utiliser la documentation et les archives sur les dunes" (O.N.F., 1968). On pourrait donc qualifier les PK de "repères de chantiers permanents".

## 1.3.2. Topographie

### 1.3.2.1. I.G.N. : repères de nivellement.

Le premier nivellement régulier de la France a été réalisé par Bourdalouë (1857-1864).

Le Service du Nivellement Général de la France a perfectionné ce réseau entre 1884 et 1940 (NGF LALLEMAND).

Les repères de nivellement de précision du 2ème au 4ème ordre du Nivellement Général de la France (N.G.F.) intéressant la zone ont été répertoriés en 1968 (N.G.F. Lallemand puis I.G.N., 1969). Ils se situent le long des voies de communication rarement à moins de 1 km de la côte. Les services techniques de l'Equipement ont été parfois amenés, pour leurs besoins particuliers, à "porter" ces nivellements jusqu'à des repères situés à proximité immédiate du rivage.

### 1.3.2.2. Coupes topographiques

#### *Profils dunaires de l'Office National des Forêts (O.N.F.)*

Dans la seconde moitié du XIXème siècle, des mesures de la distance qui séparait le trait de côte (probablement le pied de dune sur la plage) de la "ligne d'aménagement", ou "lignot" (séparation forêt de protection/forêt de production), ont servi à déduire les déplacements anciens du rivage.

**En 1967-1968**, des profils topographiques transversaux de la zone littorale ont été effectués par l'O.N.F dans le cadre de l'"Etude réalisée pour le compte de la Mission Interministérielle pour l'aménagement de la côte Aquitaine (O.N.F., 1968) : ce sont " soit des profils moyens par secteurs communaux, soit des profils schématiques tracés à partir de relevés précis effectués (au tachéomètre) tous les 2 km au cours de l'hiver 1967-1968." Les plans originaux au 1/1 000 décrivent un bornage de repérage précis dont il est certainement encore possible de retrouver une bonne partie sur le terrain (Fig. 2).

Les informations contenues sont les suivantes :

"Ces profils indiquent la largeur de la "dune nue" littorale, de la "lette" ou "dune grise", de la forêt de protection, ainsi que leur altitude par rapport à la laisse des hautes mers (altitude positive variable souvent voisine de + 5).

Il est à noter que sur un même secteur de dune, le profil en travers est très variable surtout si la dune est en mauvais état ("tucs", "siffle-vents", falaises, avancée du sable dans la lette, régression du peuplement de protection, ...). **Il ne faut donc en aucun cas donner une valeur absolue aux extrapolations effectuées à partir de ces relevés**, aussi précis soient ils.

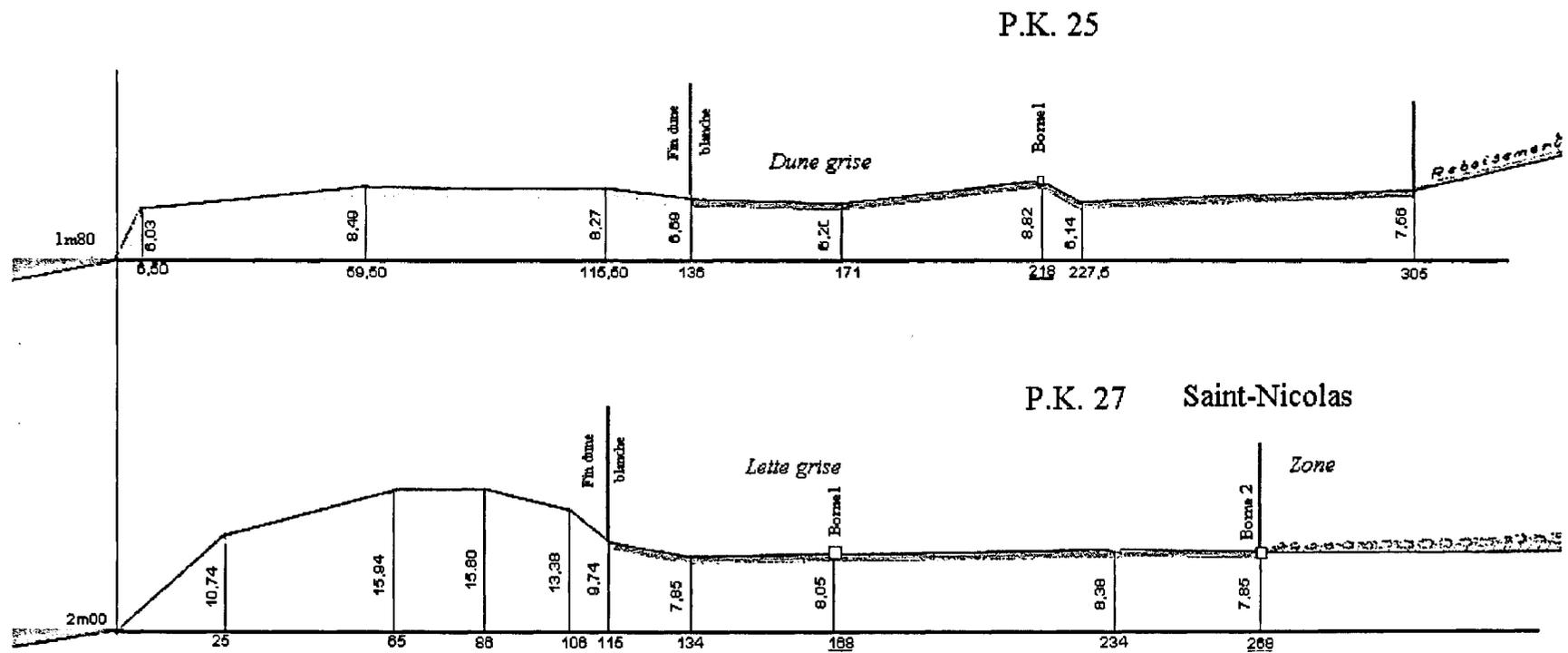


Figure 2 : Profils O.N.F., 1968

L'importance de l'érosion marine (recul du rivage) est indiquée à l'occasion de chaque profil à titre de comparaison (pas de signification physique précise de l'évaluation en moyenne m/an)."

Cette dernière remarque (discrètement mise entre parenthèses) nous paraît d'autant plus utile à rappeler que les citations en forme de "taux moyens annuels par périodes" sont encore très généralement employées.

**Ces profils auraient été refaits en 1979** car le L.C.H.F. en a tiré "L'évolution du trait de côte entre 1967 et 1979 (L.C.H.F., 1982).

**Implantation d'un réseau de suivi : A partir de 1989**, l'O.N.F. a mis au point un réseau de suivi sur 40 points fixes ; à ce jour les relevés ont été réalisés à trois reprises, en 1989-1990, 1992 et 1996 (Fig. 3).

Les bases de référence de ces profils (bornes) ont été référencées en LAMBERT III en 1996-1997. L'expérience acquise a permis de choisir judicieusement l'emplacement de ces **profils** pour traduire une évolution à long terme, **en les écartant des zones d'embouchures** où nous verrons que les changements du trait de côte sont plus erratiques et complexes.

#### *Profils du laboratoire Central Hydraulique de France (L.C.H.F.)*

##### **- Soulac**

Un levé topographique du trait de côte (1/5 000) et de 8 profils de plage entre Les Arros et le Pylone Radio (Soulac) ont été exécutés les 14 et 15 janvier 1982 par le Cabinet Petuaud-Letang Géomètres-experts à Bordeaux (L.C.H.F., 1982). Ce même cabinet avait réalisé une opération similaire à Soulac en 1979 et au Gulp en 1977 (L.C.H.F., 1987).

##### **- Lacanau**

Les projets d'aménagement du front de mer de la station de Lacanau ont amené la M.I.A.C.A. à faire réaliser un levé bathymétrique des plages et des petits fonds par le P.A.B., le 11 août 1978 ; des profils comparatifs en ont été tirés (L.C.H.F., 1979).

##### **- Abords du Bassin d'Arcachon**

**Des profils de plages et du versant Ouest de la dune littorale** ont été réalisés à l'occasion des travaux de reconnaissance du L.C.H.F. d'une part dans le cadre des études d'implantation de l'émissaire du Bassin (L.C.H.F., 1968) et d'autre part dans le cadre des études hydrauliques du Bassin (L.C.H.F., 1969). La triangulation de ces chantiers a été correctement rattachée aux points géodésiques.

**PROFIL N° 6**  
**Nom LE PIN SEC**

Commune de NAUJAC

Date du levé 16/07/96

**ECHELLES**

Longueurs 1/1000

Hauteurs 1/500

— — 1990  
 - - - 1992  
 — — 1996

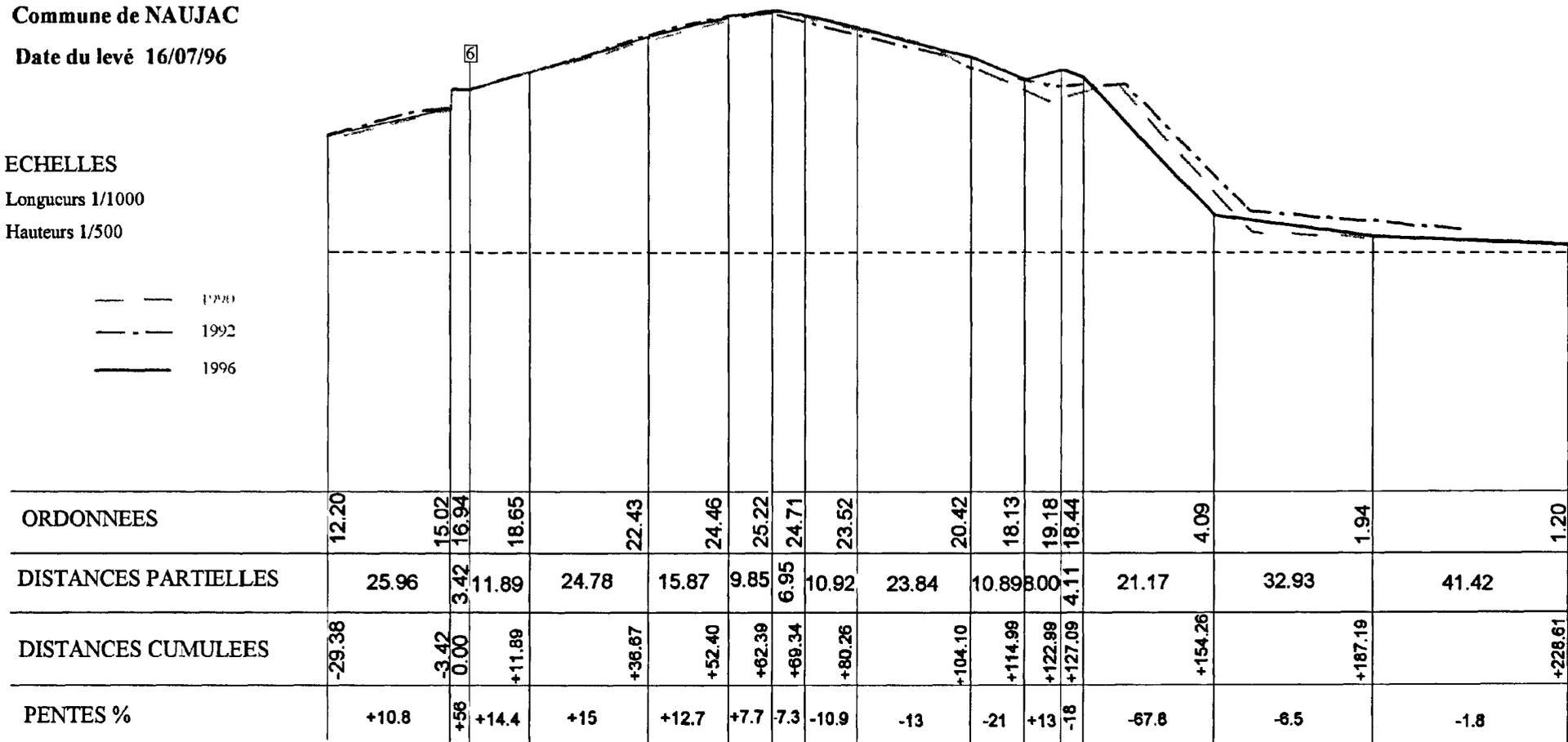


Figure 3 : Profils O.N.F., 1990-1996

(L.C.H.F., 1968)

<i>Lieu</i>	<i>n profils</i>	<i>date</i>	<i>Plan n°</i>
Grand-Crohot (Lège)	11	Juin-Juillet 1968 (?)	17 722
La Salie (La Teste)	15	Juin-Sept.-Nov. 1968	17 721

(L.C.H.F., 1969)

<i>Lieu</i>	<i>n profils</i>	<i>date</i>	<i>Plan n°</i>
Cap Ferret du Truc-vert à La Pointe	22	Mars 1968	15 774
Cap Ferret de la Pointe à Bélisaire	29	Mai-Juin 1968	15 776
Pyla-Biscarrosse	36	Juin-Sept 1968	15 765

- **Levé topographique de la plage de La Salie** (Sept. 1979) 1/10 000ème entre la Pointe d'Arcachon et Le Trencat (5 km) ; 7 profils hydrographiques comparatifs ont été établis en concordance avec un levé topographique. Les données (x, y) sont référencées LAMBERT III et (z) en NGF (L.C.H.F., 1980).

- **Levé topographique de la plage de La Salie.** 21 profils entre la laisse de basse-mer et le haut du cordon dunaire (cote + 8 à + 10 m C.M.) dans le prolongement de profils bathymétriques au 1/10 000 effectués les 31 mai au 1er juin 1985 par le P.A.B. (L.C.H.F., 1985).

- **Levé topographique de la plage de La Salie.** 23 profils entre la laisse de basse-mer et le haut du cordon dunaire (cote + 8 à + 23 m C.M.) dans le prolongement de profils bathymétriques au 1/10 000ème effectués les 28, 29 et 30 mars 1991 par le P.A.B. (S.O.G.R.E.A.H., 1991).

#### - Capbreton

Des profils d'estran ont été réalisés en 1978, 1984 et 1985 au niveau de l'épi CD 28 (Sud de l'embouchure) de la laisse de basse mer au trait de côte (digue) entre + 4 et + 6 m C.M. (L.C.H.F., 1986).

- **Gironde et Landes :** Le rapport L.C.H.F. de 1979 fait état d'"une première implantation de points de repères le long du littoral de la côte aquitaine (qui) s'est faite en décembre 1978. (...) Il s'agissait de " 75 repères répartis entre la Pointe de Grave et Tarnos (...)".

La localisation de ces points est fournie très globalement par le rapport L.C.H.F. (1979) mais "chaque site a été photographié avec le numéro du repère afin de faciliter des interventions Ces repères correspondent à des points remarquables le plus souvent situés en haut de dune (Villa, Blockhaus, Borne I.G.N., poteau électrique...)".

"Les premières informations recueillies sur les mouvements du trait de côte au cours d'une période hivernale ont été déduites d'observations faites en 1979 " (grâce aux repères établis en décembre 1978).

Le rapport L.C.H.F. de 1985 annonce le renforcement du dispositif : "**Depuis février 1985, le L.C.H.F. dispose de 150 repères répartis sur 215 km de plage** dont 89 dans le département de la Gironde et 61 dans celui des Landes ; le secteur du CEL (20 km) restant encore une zone non prospectée."

"L'implantation de ces repères (...) permet de suivre régulièrement les fluctuations du trait de côte en fonction des conditions océanographiques et météorologiques et d'établir non seulement un diagnostic des variations annuelles du littoral mais de faire des prévisions sur les secteurs susceptibles d'être menacés par l'érosion ou sujets à la sédimentation au cours des années suivantes **en se basant sur la progression des pics d'érosion au cours du temps.**"

Il faut noter que la localisation précise de ces repères n'a jamais été fournie à la M.I.A.C.A. (maître d'ouvrage) par le L.C.H.F. qui a cessé ses activités en 1988, et que c'est une "mission de terrain (SOGREAH-LARAG, 1995) qui a permis de retrouver la plupart des repères et d'évaluer le recul du trait de côte au droit de ces derniers". Les résultats de ces évaluations sont fournis ci-après au chapitre 2.

### *Université*

Le Département de Géologie et Océanographie de l'Université de Bordeaux I effectue des relevés réguliers de profils topographiques de la zone intertidale des rives Nord et Sud de l'embouchure de la Gironde et de la côte médocaine.

C'est ainsi que huit profils topographiques de la plage et du versant de la dune littorale entre Soulac et Montalivet (distants de 1 000 à 4 500 m) ont été suivis depuis novembre 1983 à la fréquence trimestrielle. Ces profils sont repérés en Lambert II et nivelés par rapport aux plus basses mers (HOWA, 1987 ; HOWA, 1993).

En outre, de nombreux profils topographiques ont été réalisés dans le cadre d'études ponctuelles, citons du Nord au Sud : DUGAS en 1965 au Porge, GASSIAT en 1985 au Cap Ferret, WEBER en 1976 à La Salie, BOELLMANN en 1975 à Mimizan.

### *P.A.B.*

Les services du Port Autonome de Bordeaux ont toujours été attentifs à l'évolution de la côte dans les environs des chenaux de navigation de l'embouchure de la Gironde (LEVEQUE, 1936 ; P.A.B., 1982). A ce titre, les levés hydrographiques de 1926, 1939, 1959, 1970, septembre 1981, 1983, comportent des données topographiques sur les plages.

Un suivi de 12 profils topographiques situés entre Soulac et la Pointe de la Négade a été effectué par le P.A.B./S.M.N.G. depuis 1983 (P.A.B.- S.O.G.R.E.A.H., 1995).

### ***S.I.B.A.***

Le profil de plage de La Salie, situé sous l'émissaire de rejet des eaux usées, est surveillé mensuellement depuis l'origine (1972) par les services techniques du Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon .

## ***1.4. FACTEURS GEOLOGIQUES***

Les facteurs de vent et de houle, si essentiels qu'ils soient, ne permettent pas de tout expliquer. Dans le cadre de l'aménagement d'un site aussi vaste que celui de la côte d'aquitaine le géologue ne peut se soustraire à une étude plus exhaustive sans faire appel à des phénomènes discontinus et périodiques, d'ordres géologique et climatique : pulsation du niveau de la mer, pulsation de la croûte terrestre, attaques périodiques du littoral, pulsations périodiques des transits sédimentaires.

Ce chapitre décrit les données disponibles sur les facteurs intervenant **dans l'évolution à long terme de la côte.**

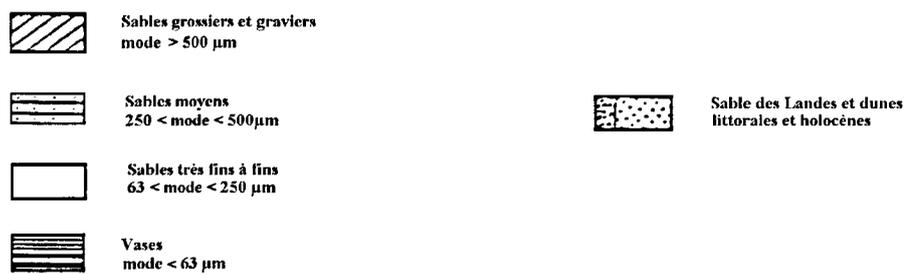
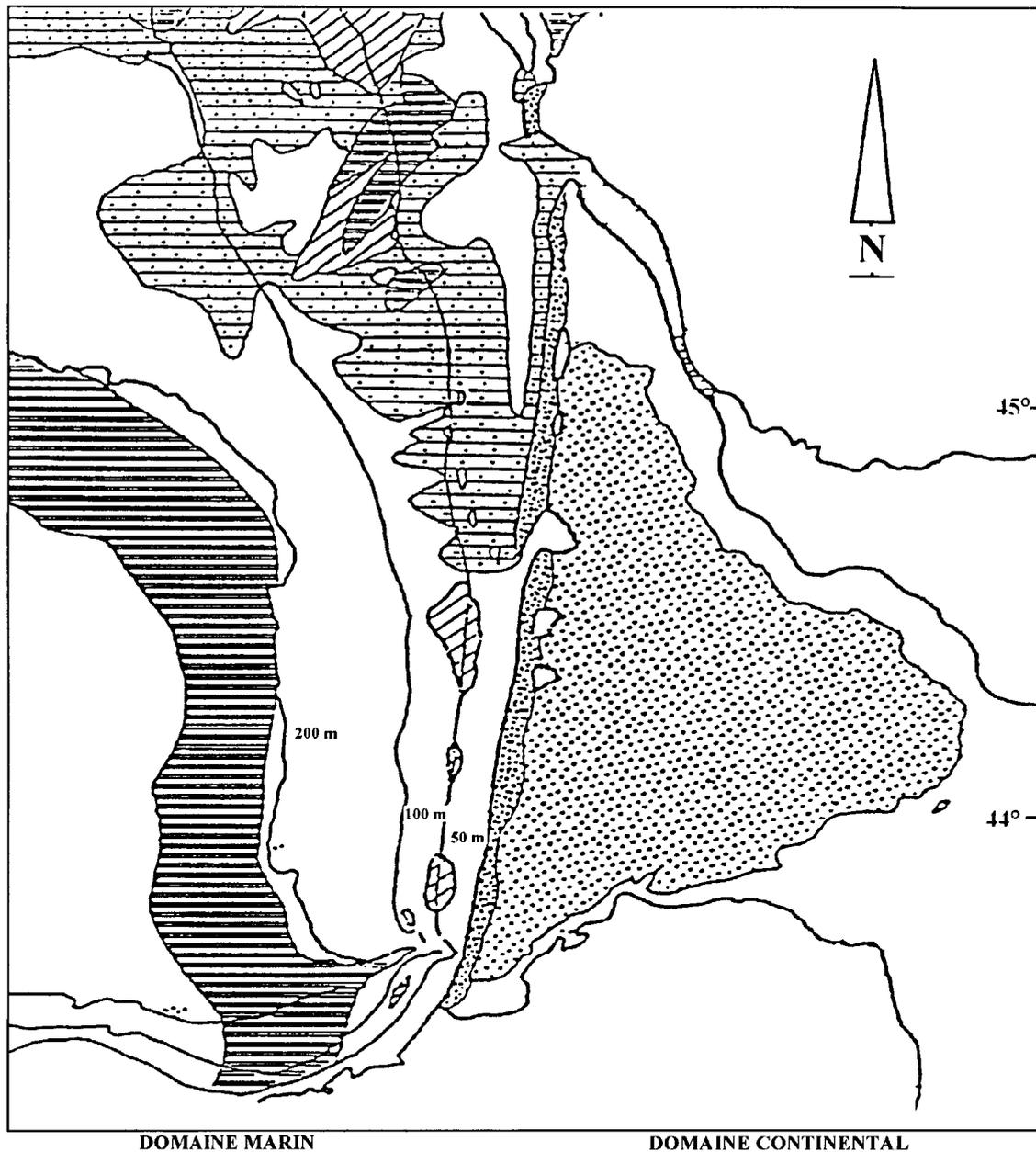
### **1.4.1. Morphologie**

**Longitudinalement**, la côte aquitaine présente un tracé quasi rectiligne sauf à proximité des embouchures où l'ampleur des modifications de tracé dépend de l'importance des volumes oscillants qui transitent dans ces embouchures.

**Transversalement**, la côte aquitaine se présente comme un ensemble composé de la plage sous marine, de l'estran et de la dune littorale, bourrelet sableux érigé par le vent à l'aide du sable de la plage. Cet ensemble s'individualise du plateau continental : "A 25-30 m de profondeur se trouve une brusque rupture de pente entre la plage sous-marine et le plateau interne dont les pentes sont plus faibles" (TURCQ, 1984).

**Granulométrie.** La distribution schématique des sables pour l'ensemble de la zone étudiée est présentée figure 4 (ALLEN *et al.*, 1977).

A petite échelle, par exemple à La Salie "on observe une continuité de la granulométrie depuis la dune jusqu'à l'isobathe des 25 m. Ce stock correspond à des sables moyens dont les modes dominants sont compris entre 200 et 315  $\mu\text{m}$  (...) la répartition de ces sables moyens met en évidence l'homogénéité du stock sableux sur toute la frange littorale (dune, plage, plage sous-marine)" (WEBER, 1978 a).



**Figure 4 :** Carte de répartition des sédiments superficiels sur le plateau continental (d'après ALLEN & CASTAING, 1977)

### 1.4.2. Structure

La disposition des couches géologiques, la façon dont les sédiments de la côte sont disposés, et la nature même de ces roches sédimentaires induisent-elles des différences de comportement vis à vis des agents d'érosion : y-a-t'il des secteurs côtiers plus faciles à remanier ou, au contraire, plus résistants que d'autres ?

Les sédiments meubles constituent la grande majorité des matériaux (sables, graviers, argiles) ; les roches cohérentes n'affleurent qu'à l'extrême Nord (calcaires de l'Eocène supérieur du plateau de Cordouan et des roches de St Nicolas) et à l'extrême Sud (calcaires gréseux de l'Oligocène de la Pointe St Martin).

A l'exception de cet encadrement rocheux tertiaire, la couverture holocène est continue. Etudiant longitudinalement l'ensemble géophysique de la côte aquitaine, LEVEQUE (1973) a pu dire que : "Aucun élément d'information résultant des nombreux travaux antérieurs ne permet de supposer des discontinuités structurales entre les 2 zones (côte du Médoc et côte des Landes).

BUFFAULT (1942) rapporte la succession "d'affleurements d'ancien sol" sur la plage entre La Négade et le Gulp, puis de manière presque continue du P.K. 12 (Grayan) au P.K. 65 (Sud de Lacanau), puis épisodiquement dans les Landes, au Nord de Biscarrosse, à Ste Eulalie, de l'Espécier à Contis.

Les particularités de la structure dans les petits fonds n'ont été étudiées que ponctuellement mais " l'analyse sédimentologique, exoscopique et palynologique de la carotte YK 83 006 prélevée dans le domaine de la plage sous-marine par 8 mètres de profondeur, sur le transect d'Hourtin-Plage, montre que "les faciès rencontrés sont totalement différents de ceux définis dans les autres vibrocarottages" (*ibid.*) de la plate-forme interne Nord aquitaine effectués plus au large. Ils se caractérisent par des dépôts fluviaux-marins à la base de la carotte (- 2 m), une formation intermédiaire graveleuse pré-littorale de remaniements et enfin le dépôt sommital de sable fin de la plage sous-marine actuelle" (ARBOUILLE, 1987).

### 1.4.3. Tectonique

A l'issue de son analyse détaillée de la morphologie aquitaine, PRUD'HOMME (1972) conclut que "l'un des faits principaux mis en valeur par presque toutes les méthodes est l'existence d'un accident important au niveau du Bassin d'Arcachon (...) dont les effets morphologiques s'étendent à l'ensemble des domaines de la Gascogne (grands fonds, plateau, continent) (...) et qui marque la limite Nord de l'influence pyrénéenne."

Des considérations du même ordre sont reprises par le L.C.H.F. sans que les références des études en soient clairement définies : "la comparaison des données de nivellement de Bourdaloue" (1857-1864), Lallemand (1884-1939) "et 1967 met en évidence le jeu actuel des failles et rides anciennes d'orientations armoricaine et pyrénéenne dispersées sur la portion occidentale du Bassin Aquitain" (L.C.H.F., 1982).

**Ces particularités du littoral se poursuivraient par des anomalies sur les fonds marins.** Ride de Carcans-Ste Hélène, faille de l'Eyre, ride de Mimizan-Roquefort, ride de Bouglon (et probablement faille au Sud de cette ride) (L.C.H.F., 1979).

#### *Effet des mouvements de l'écorce terrestre*

Comme ce qui se passe à grande échelle avec la dérive des continents, des changements à petite échelle "se poursuivraient aujourd'hui avec les oscillations de la croûte terrestre qui fait que d'un secteur à l'autre du littoral (...) les mouvements verticaux favorisent ou compensent la montée du niveau moyen de la mer" (L.C.H.F., 1979).

- Exemple de mouvement ascendant de la croûte, favorable au maintien du trait de côte : la région du Cap de l'Homy-St Girons suivant le prolongement de la ride de Boos-Audignon

- Exemple de mouvement descendant de la croûte, défavorable au maintien du trait de côte : le Sud de l'Adour se situe sur une fosse de subsidence (L.C.H.F., 1982).

**En conclusion,** "les mouvements du sol sont à préciser sur la bordure littorale même, mais en retenant les ordres de grandeur connus en divers points du Bassin Aquitain (1 à 2 mm/an ) en montée ou en descente (...) ces mouvements interviendraient sur l'avancée ou le recul du littoral, de manière proche de celle du niveau marin" (L.C.H.F., 1987).

#### **1.4.4. Climat et niveau marin**

Les systèmes côtiers sont directement influencés par les changements climatiques, les variations du niveau de la mer, la dynamique océanique, et les activités humaines.

Cette dépendance, intuitivement reconnue, est difficile à quantifier. En conséquence, nous n'avons qu'une très rudimentaire capacité de prédiction des changements futurs des systèmes côtiers... (BUAT-MENARD *et al.*, 1996 b).

#### *Variations du niveau marin (Eustatisme)*

C'est la variation à long terme du niveau moyen de la mer sous l'effet des changements climatiques et des mouvements de l'écorce terrestre (tectonique) (Fig. 5).

#### *Appréciation du phénomène*

Les chiffres les plus couramment admis de remontée du niveau s'échelonnent entre 1 et 1,5 mm/an ; PIRAZZOLI (1993) indique + 1,8 mm comme moyenne des 85 observations effectuées dans l'Atlantique Nord (carreau 30-60°N/0-30°W).

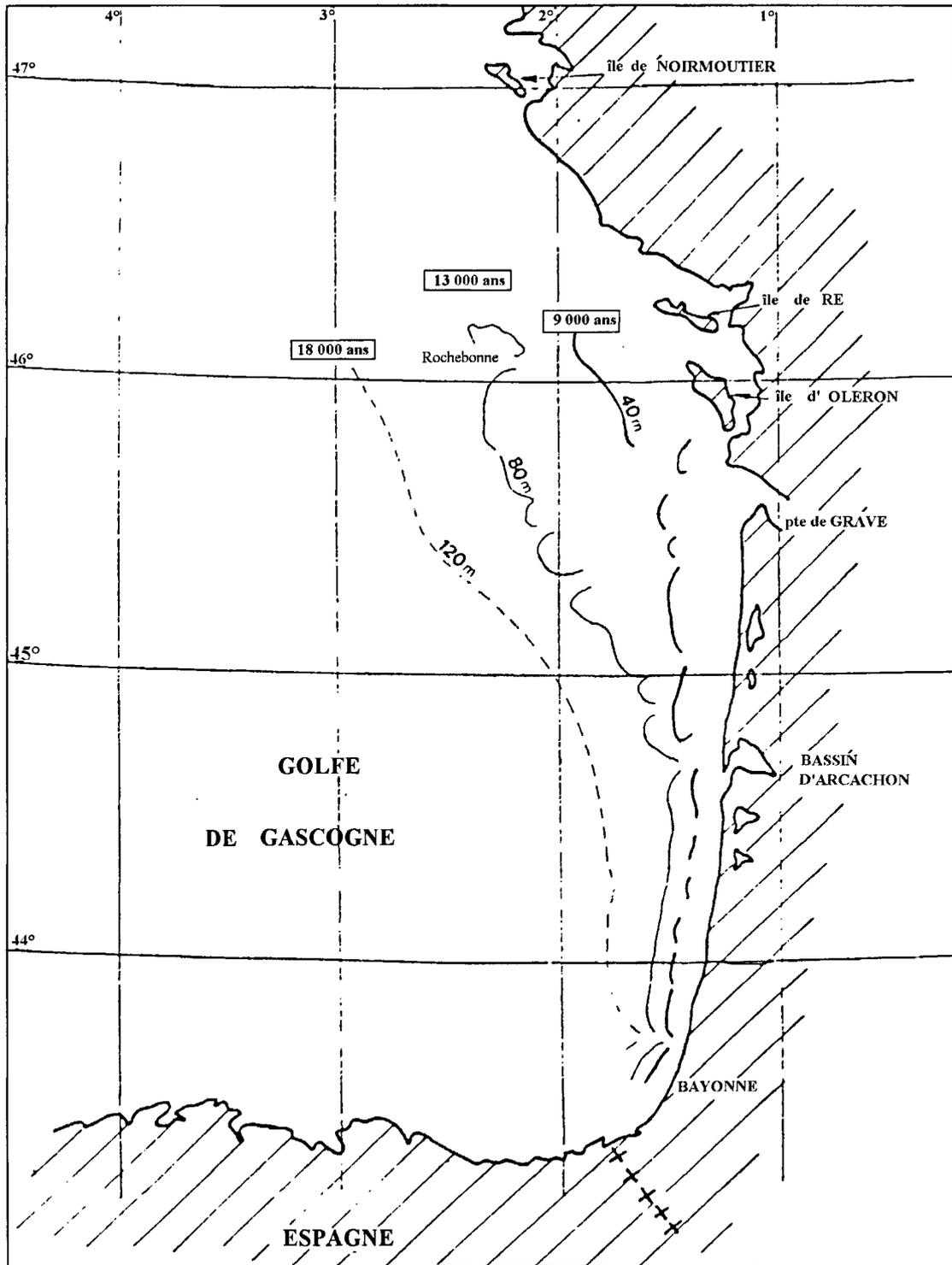


Figure 5 : Rivages holocènes (LCHF, 1979)

Mais, la courbe d'évolution du niveau de la mer doit être établie au niveau régional, car, "même si la tendance positive (remontée) est la plus fréquente, elle peut être inversée aussi bien pour des latitudes que pour des longitudes voisines" (GIRESSE, 1987).

**Le L.C.H.F. (1979) a effectué la transposition aux conditions locales :**

- "La transgression marine actuelle surélèverait le niveau des eaux de l'ordre de 1 à 1,5 mm/an sur le littoral landais et girondin.
- Une néotectonique plus active sur le littoral pyrénéen pourrait expliquer en partie les problèmes historiques que pose la protection de la plage de St Jean de Luz, secteur placé sur un panneau coupé par une faille.
- Le littoral Biarrot souffre de l'agression marine mais aussi de l'affaissement de la croûte terrestre.

Malgré les contrôles bisannuels faits par l'I.G.N. sur le marégraphe de Socoa, on a peine à s'imaginer que la surélévation du niveau de l'eau et l'affaissement du continent puissent engendrer des dénivelées annuelles de l'ordre de 1 cm/an au cours des 20 dernières années".

Quant aux conséquences sur l'évolution du trait de côte, "une remontée du niveau marin de l'ordre de 1,5 mm entraîne un recul du trait de côte de l'ordre de 10 cm et une érosion de 2 à 5 m<sup>3</sup> m<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>" (L.C.H.F., 1987).

**En conclusion :**

On ne dispose pas de référence locale aquitaine sur la variation du niveau marin ; les tendances sont établies à partir de données issues de vastes zones océaniques (Global Sea Level Observing System).

La simultanéité de l'élévation du niveau de la mer et de l'abaissement du sol pourrait entraîner des variations positives cumulées de 2,5 mm à 3 mm par an.

"A long terme de tels phénomènes influent sur le tracé de la ligne de côte pouvant entraîner son recul, par exemple en certains points du littoral des Pyrénées Atlantiques. En d'autres zones la remontée des compartiments de la croûte terrestre peut favoriser le maintien de plages comme au centre du littoral landais dans la région de Saint Girons." (L.C.H.F., 1982).

## ***1.5. FACTEURS PHYSIQUES***

Ce chapitre décrit les données disponibles sur les facteurs intervenant de manière instantanée sur l'évolution de la côte.

"A l'époque où l'homme se proposait de fixer les sables du littoral, BUFFAULT parlait de "la marche envahissante des dunes vers l'Est" le vent était alors considéré comme le facteur essentiel du recul du trait de côte. Il s'agissait alors de fixer les dunes pour enrayer le mécanisme érosif."

Dans les années 80, le L.C.H.F. pouvait écrire que "face aux progrès considérables de la connaissance des houles, et de l'hydraulique maritime en général, on s'attacherait actuellement à résoudre le problème de mobilité du littoral par des ouvrages à la mer : les houles étant, bien entendu, l'élément moteur de l'érosion."

### **1.5.1. Vent**

Le vent local a un effet sur l'agitation (houle, clapot), les courants et les transports éoliens de sable.

#### ***Action sur les courants***

"Lorsque le vent agit sur un plan d'eau pendant une assez longue période, il provoque une surélévation du plan d'eau dans la direction où il souffle : ainsi, un vent venant du large provoque une accumulation d'eau à la côte ; ce surplus est ensuite évacué sous forme de courants de retour (rip-currents).

Par action directe sur la surface de l'eau, le vent entraîne la formation de **courants de dérive**" (*in* MEHEDI et WEBER, 1985).

#### ***Données de vent local***

Les considérations qui précèdent montrent l'intérêt de disposer de la chronologie du vent local pour apprécier les transports éoliens sur les différents secteurs de la Côte Aquitaine.

Une étude statistique des "Eléments climatologiques concernant les côtes de la France métropolitaine" publiée par la Météorologie Nationale (ASCENSIO *et al.*, 1987) traite les données des sémaphores, et plus particulièrement, pour la zone qui nous intéresse, les données de Chassiron (Nord de l'île d'Oléron) entre 1951-1980, La Coubre (Nord de l'embouchure de la Gironde) 1951-1980, et Cap Ferret (Bassin d'Arcachon) 1955-1980.

Les données les plus importantes à étudier paraissent être les données de vent et d'état de la mer ainsi que les probabilités de retour et de persistance des phénomènes majeurs.

## Cap Ferret

Le Cap Ferret est situé sensiblement au centre géographique de la côte aquitaine . Des statistiques disponibles ont été extraites, pour l'instant, les paramètres permettant d'apprécier l'énergie déployée et sa direction sur une base moyenne annuelle.

### Vents dominants

La **rose de fréquence annuelle** moyenne du vent, prise comme la normale, montre les pourcentages de fréquence suivants par quadrants :

- NE	26,4 %	E	42,7 %
- SE	16,3 %		
- SW	20,3 %	W	53,6 %
- NW	33,3 %		
- Calmes	3,7 %		

L'énergie relative (nombre sans unité) dispensée par le vent par secteur peut être évaluée en multipliant la fréquence par le **carré de la vitesse**.

La somme des carrés des vitesses cumulées par classes de vitesses et par secteur donne une appréciation des secteurs dominants en énergie déployée.

- NE	5665	14,6 %	E	25,7 %
- SE	4315	11,1 %		
- SW	13038	33,6 %	W	74,3 %
- NW	15775	40,7 %		
Σ	38793	100 %		

**Ainsi, les vents des secteurs Ouest (NW + SW) peu majoritaires en fréquence (53,6 %) dominent nettement par l'énergie déployée (74,3 %).**

Sur la période 1979-1985, le L.C.H.F. (1985) trouve également une faible "régence" du secteur Ouest en fréquence, mais une dominance nette de ce secteur pour les **vents de plus de 34 noeuds (> 17 m.s<sup>-1</sup>)** à raison de **17 % de SW, 34 % d'W et 41 % de NW**.

Les épisodes venteux durables sont l'exception : les tableaux de **persistance** montrent que les périodes de vent supérieur ou égal à force 6 Beaufort n'ont pas dépassé trois jours consécutifs et ce, en moyenne, à trois reprises dans l'année.

### *Tendances saisonnières*

L'examen des roses de vents mensuelles met en évidence deux types de répartition des directions du vent dans l'année :

- un type automnal-hivernal (d'octobre à mars) qui présente une répartition des fréquences équilibrées entre les secteurs Nord (53 %) et Sud (47 %), mais une **dominance des vents forts de secteur WNW à SW**.

- un type printanier-estival (d'avril à septembre) qui se caractérise par une répartition des fréquences très favorable au secteur Nord (71 %) et une **dominance des vents forts de secteur NW**.

### *Tempêtes*

Comme nous venons de le voir, **les vents très forts**, assimilés aux tempêtes, ont statistiquement plus de chance d'arriver en hiver qu'en été, mais aussi, du fait des tendances saisonnières précédentes, d'intéresser uniquement le secteur Ouest, **principalement entre l'WNW et le SW**.

Cela dit, le LCHF (1979) précise qu'"il serait contraire aux faits d'attribuer à chaque cycle annuel un nombre défini (comme moyen) de tempêtes car **les tempêtes sont groupées** ; elles se suivent à des intervalles irréguliers mais souvent de 1 à 2 semaines ou même de quelques jours" et propose une "chronologie des principales tempêtes enregistrées" au cours de la période **1830-1980** ; nous y avons rajouté les dates les plus récentes : (1777), 1780, 1802, 1810-1811, (1836), 1872, 1882 (ouragan, cataclysme), 1893-1895, 1912-1916 (cataclysme), 1917, 1922 (raz de marée ?), 1939-1942, 1948, 1959-1961, 1965, 1970 à 1974, 1976, 1979, 1981, 1984 (cyclone Hortense), 1986-1991, 1993-1994, 1996....

Il apparaît qu'"il y a de bons et de mauvais hivers" (LCHF, 1969) ; ainsi, de janvier 1963 à février 1968, le nombre de fortes tempêtes - lames égales ou supérieures à 8 m - enregistrées, a été de 16, ce qui ferait une moyenne de 3 fortes tempêtes par an.

"En fait, entre le 17 novembre 1966 et le 20 février 1967 on note 7 fortes tempêtes dont 3 entre le 2 et le 15 décembre 1966. On relève également 6 fortes tempêtes entre le 6 février et le 11 mars 1963."

On a noté du mauvais temps en continu de novembre 1969 à mars 1970.

**Dans la hiérarchie des événements et de leurs conséquences, "il est évident que 3 tempêtes se suivant à de courts intervalles n'ont pas le même effet sur l'évolution du littoral que 3 tempêtes espacées de 1 ou plusieurs mois. En outre une longue période de mauvais temps comportera inévitablement des fortes marées ; le niveau d'attaque de la mer sera plus élevé et plus dangereux" (LCHF, 1969).**

## 1.5.2. Hydrodynamique

### 1.5.2.1. Marée

La marée agit beaucoup sur la morphologie de la zone côtière. Tout d'abord, de sa hauteur dépend le niveau d'attaque prévisible de l'estran par la houle.

De plus, l'onde de marée engendre la formation de courants giratoires, en général inférieurs à  $0,25 \text{ m.s}^{-1}$ , sauf à proximité des embouchures (Gironde, Arcachon, Adour) où ils deviennent alternatifs et peuvent atteindre des vitesses de plusieurs mètres par seconde, ce qui leur donne un rôle morphologique essentiel.

#### *Données disponibles sur la marée*

#### *Données de l'annuaire du Service Hydrographique (SHOM, édition 1998)*

#### **Niveau de réduction des sondes :**

- **Pointe de Grave : -2,831 m** (valable pour la zone située au Nord de Hourtin). "A la Pointe de Grave, le zéro commun de l'annuaire et des cartes marines est situé à 7,808 m au dessous du repère N.G.F. n°6 scellé sur le bâtiment du centre de Balisage, et coté + 4,878 N.G.F. Lallemand ou + 4,977 I.G.N., 1969.
- **Abords d'Arcachon et St Jean de Luz : -2,170 m** (valable pour la zone située au Sud de Hourtin). "A St-Jean-de-Luz, le zéro commun de l'annuaire et des cartes marines est situé à 7,975 m au dessous du rivet scellé sur le socle de la croix située sur la digue du marégraphe de Socoa, et coté + 5,805 N.G.F. Lallemand ou I.G.N., 1969.

#### **Niveau moyen** (rapporté au zéro de l'étiage commun à l'annuaire et aux cartes) :

Pointe de Grave : ...3,33 m \*

Lacanau : .....2,69 m

Cap Ferret : .....2,38 m

Biscarrosse : .....2,20 m

Mimizan : .....2,18 m

Vieux-Boucau : .....2,22 m

Boucau : .....2,52 m

St Jean de Luz : .....2,48 m

\* La hauteur des plus grandes basses-mers théoriques (zéro des cartes marines et de l'annuaire) se trouve à 0,55 m au dessus du zéro de l'étiage à la Pointe de Grave (à 0,00 m ailleurs).

Pour les plages d'Anglet, la SOGREAH (1988 a) donne les hauteurs par rapport à la cote marine (niveau de réduction des sondes) de pleine et de basse mer suivantes en fonction des coefficients de marée :

Coeff.		20	40	60	80	100	120
C.M. m	PM	2,9	3,3	3,6	3,9	4,4	4,7
C.M. m	BM	2,1	1,6	1,1	0,6	0,3	0,10,1

Des ordres de grandeur de niveaux maxima à la côte et leur période de retour sont également fournis (*ibid*) :

Période de retour		1 an	10 ans	100 ans
Niveau maxi	C.M. m	+ 6,2	+ 7,0	+ 8,0
	N.G.F. m	+ 4	+ 4,8	+ 5,8

### 1.5.2.2. Houle

#### *Climat de houle*

La compilation des données disponibles a permis à CAYOCCA (1996) de définir la fréquence annuelle des classes de hauteurs significatives(1) et périodes de houles pour le centre de la côte aquitaine.

Type	Hauteur significative (1) (m)	Période (s)	Fréquence (%)
1	<0.5	6	20
2	1	8	50
3	2	11	20
4	3	13	8
5	5	17	2

(1) la hauteur significative correspond à  $h_{1/3}$ , soit la hauteur moyenne des 1/3 plus hautes vagues.

**Tableau 2 :** Types de houles présents à Arcachon déduits des différentes statistiques utilisées (incidence Ouest-Nord-Ouest) (CAYOCCA, 1996).

### *Conditions maximales*

Mais puisque nous recherchons plus particulièrement les effets sur la côte et que, d'une manière générale, "les fortes houles produisent en quelques heures plus de changements qu'il ne s'en produit en plusieurs années de régime normal "(GENSOUS, 1971 ; JOUANNEAU, 1974), il convient surtout d'étudier les conditions maximales et leur fréquence d'occurrence.

VASSAL (1980), s'est attaché à cette définition des **conditions maximales de l'état de la mer dans le Golfe de Gascogne** à la fois par "des considérations statistiques" et par "l'utilisation de modèles reliant les champs de houle aux champs de vent."

Parmi les valeurs calculées obtenues par différentes formules d'ajustement (distribution de WEIBULL), méthode de GUMBEL, étude de MAYENCON (1969), DUVET (1964), VASSAL choisit les premières qui donnent des résultats proches (Tableau 3).

<b>Durée de retour (ans)</b>	<b>WEIBULL (hiver) h. 1/10</b>	<b>GUMBEL (année) h. 1/10</b>
1	7.78	
10	11.79	12.50
20	13.39	14.17
30	14.42	15.07
50	15.82	16.20
100	17.88	17.72

**Tableau 3 :** Durées de retour des valeurs maximales de l'agitation dans le Golfe de Gascogne (*in* VASSAL, 1980) (moyenne des hauteurs des 1/10 plus hautes vagues en mètres)

### *Direction*

#### **Houle au large**

L'orientation de la houle qui conditionne l'angle d'attaque de la côte et l'intensité de la dérive littorale, donc l'érosion et le transport sédimentaire, constitue un paramètre important de la dynamique côtière

Les statistiques tirées des enregistrements houlographiques de Biscarrosse (C.E.L.) et de la plate forme Neptune-Gascogne (placée sur les fonds de 40-50 m au large du Cap Ferret et de Biscarrosse de janvier 1967 à janvier 1968) ont permis d'établir le tableau ci-dessous :

<b>SECTEUR</b>	<b>FREQUENCE (%)</b>
W*	17,1
WNW*	41,1
NW*	25,9
NNW	8,6
Nord	5,1

\* Les trois premiers secteurs représentent la totalité des fortes houles (h > 6 m)

**Tableau 4 : Fréquence par secteur (LCHF, 1969)**

### **Houle à la côte**

La diminution des profondeurs à l'approche du rivage modifie la direction de propagation des houles (réfraction) et leur amplitude (réfraction et frottement sur le fond).

L'éventail des directions de près de 160° au large se trouve ramené à moins de 80° près de la côte.

Du fait de la réfraction, les amplitudes observées au large sont réduites de moins de 5 % pour les secteurs W-SW à NW, mais jusqu'à 50 % pour les secteurs extrêmes S SW et N (ORGERON, 1974).

En conclusion, les données de direction de houle des années soixante ont été compilées par le LCHF qui en a retenu les points suivants :

- "toutes les informations proviennent d'observations visuelles ;
- la statistique de l'embouchure de la Gironde peut être représentative des directions observées par 10 à 20 m de fond, au large du littoral du (haut) Médoc, celle du Cap Ferret du littoral girondin et landais, et celle de la Tour des Signaux des environs de l'Adour ;
- dans le secteur central (littoral girondin et landais) la direction dominante de l'agitation est comprise entre le Nord et l'Ouest. Le maximum de fréquence autour de la direction W-WNW ;
- pendant la belle saison, en juillet et août, les agitations de NW et NNW sont plus fréquentes mais on doit les imputer en partie au renforcement des brises de mer à cette période. Les houles de SW (WSW à SSW) se produisent le plus souvent en automne."

### *Programmes en cours*

Dans le cadre du programme MAST III "Sea Change", le projet Satellite Observation Systems, a pour but, entre autres, d'étudier le potentiel des données satellitaires pour définir les tendances d'évolution des climats de houle.

"Une tendance à l'augmentation de la hauteur moyenne des vagues en hiver sur la plupart des côtes de l'atlantique du Nord-Est (probablement depuis le début des années 1960) a été établie de manière raisonnablement sûre.

Malgré son importance, on connaît peu de chose sur la variabilité du climat des vagues. Un programme de recherche sur trois ans doit permettre d'établir les tendances dominantes à partir de l'analyse des séries de mesures altimétriques par radar satellitaire inaugurées en 1985. La première priorité consiste à comparer et à rendre cohérents les différents enregistrements. La seconde étape clef est de transposer les données du large à la côte par utilisation de modèles d'eaux peu profondes. Si les données satellitaires sont convaincantes, les applications aux côtes européennes seront d'une importance capitale. Mais tout le monde n'est pas convaincu. Les résultats des deux autres méthodes d'observation des tendances, bouées de surface et modèles, apparaissent plus incertains. L'étude doit répondre à ces questions." (Summary, August 30, 1997) (note DITI/GO/COM 97-159 MO/vlg).

## **1.6. FACTEURS ANTHROPIQUES**

Ce chapitre décrit les données disponibles sur les actions de l'homme intervenant sur l'évolution de la côte.

### *Fixation des dunes*

"Le cordon dunaire est une formation sableuse naturelle, **remodelée artificiellement**, qui atténue l'arrivée des sables, amortit les tempêtes, filtre les embruns, abrite les premiers boisements et, enfin, protège les installations humaines (constructions touristiques en particulier).

Dans le cadre de la présente étude, ces travaux tendent à freiner le recul du cordon littoral en maintenant le stock de sable des plages à proximité du point d'attaque (trait de côte).

- La formation des dunes s'est opérée en trois phases : Vème - VIème siècle, XIVème siècle et enfin XVIème siècle" (ROUSSELOT et TARRICQ, 1983).

- Les techniques de fixation des dunes furent expérimentées dès la seconde moitié du XVIIIème siècle mais les travaux ne furent menés à grande échelle que de la Restauration au Second Empire. La fixation de l'ensemble du cordon dunaire littoral est achevée en 1870.

- L'entretien est ensuite très négligé dans la période 1920 à 1950.

- Enfin, la période de reconstitution du cordon dunaire débute en 1958 pour se terminer dans les années 80. Cette reprise en main a nécessité un remodelage presque complet du cordon dunaire entraînant des déplacements de volumes importants par moyens mécaniques (DUPARC, 1983).

### *Impact des aménagements des cours d'eau*

Les aménagements hydrauliques sur les cours d'eau (barrages) et les extractions de sables et graviers fluviaux et estuariens entraînent une **raréfaction des apports alluviaux** à la côte.

Ailleurs, au contraire, le drainage des bassins versants entraîne une **intensification des apports alluviaux**, comme cela a été constaté à plusieurs reprises pour le Bassin d'Arcachon.

### *Impact des extractions de sables et graviers en milieu marin*

Pour les extractions d'agrégats marins, le L.C.H.F. (1987) donne les chiffres de "100 millions de m<sup>3</sup> de sables extraits entre l'embouchure de la Gironde et la frontière espagnole depuis le début du siècle, 45 millions de m<sup>3</sup> depuis 1960, 2 millions de m<sup>3</sup> par an actuellement".

"Si l'on répartissait uniformément cette quantité de sédiments le long du littoral, cela représenterait une hauteur de 0,5 m entre le haut estran et les fonds de -10 m, ou une hauteur de 0,2 m entre le haut-estran et les fonds de -20 m . On peut donc penser que l'homme a sans doute joué un rôle dans le recul du littoral aquitain" (LORIN et VIGUIER, 1987).

**Finalement**, "dans le contexte global de pénurie sédimentaire, conséquence de la dernière remontée eustatique, les variations spatiales et temporelles de ces flux peuvent être importantes et très caractéristiques des processus physiques et hydrodynamiques locaux" (BUAT-MENARD *et al.*, 1996a).

### *Impact des ouvrages maritimes côtiers*

"Les ouvrages d'aménagement ou de défense tels les digues influent localement sur le transit littoral et les fonds" (L.C.H.F., 1987). De tels ouvrages sont rares sur la côte (Grave, Pyla...).

Les exemples d'effets les plus marquants résultent de la construction des digues d'embouchure de Capbreton et de l'Adour.

### *Impact de la fréquentation touristique*

La fréquentation des dunes par les piétons et les véhicules, en détruisant la couverture végétale, déclenche des reprises d'érosion éolienne .

## 2. EVOLUTION

Nous présentons ci-après les résultats obtenus sur l'évolution du trait de côte précédemment au programme BRGM-IFREMER en cours ; ces résultats comprennent :

- Les résultats publiés des observations et les diagnostics par zones.
- Les diagnostics sur l'évolution par périodes pour l'ensemble de la côte issus des études de synthèse.

Depuis 1967 et à différentes reprises pendant les vingt années qui ont suivi (1979, 1982, 1985) : le Laboratoire Central Hydraulique de France est intervenu pour compiler les données existantes et mesurer différents paramètres physiques sur le littoral aquitain de manière à donner aux responsables de l'aménagement une vue d'ensemble étayée sur toutes les observations de terrain et sur les connaissances des processus disponibles à l'époque.

C'est pourquoi le rapport général de 1979 et les mises à jour de 1982 et 1985 représentent, aujourd'hui encore, la base documentaire la plus complète sur l'évolution de la côte Aquitaine.

Depuis cette époque, la S.O.G.R.E.A.H., héritière du L.C.H.F., a mené de nombreuses études ponctuelles pour les collectivités littorales, en collaboration ou non avec l'Etat.

Parallèlement, des recherches particulières, notamment des thèses universitaires, ont apporté des données localisées et des analyses précieuses des processus d'évolution (cf. bibliographie).

On peut essayer de montrer comment s'est forgée, au cours du temps, l'opinion que l'on se fait aujourd'hui du phénomène.

La question de la "fixité" du littoral défraie la chronique depuis la fin du XIXème Siècle, (SAINT JOURS, 1908). Mais les services de l'Etat (Ponts et Chaussées, Eaux et Forêts) ont accumulé au cours du XIXème des résultats de mesures qui accompagnaient les ateliers de fixation de la dune littorale ; ces résultats semblent n'avoir été publiés qu'avec retard dans la première moitié du XXème siècle (BUFFAULT, 1930, 1942) ; ils concluent indubitablement un recul que l'on peut chiffrer en décimètres dans le Médoc, en mètres ailleurs, recul dont les propriétaires des villas établies dans l'entre-deux guerres sur la même dune littorale, n'étaient pas ignorants.

FABRE (1939) conclut "d'après les faits" un "recul lent et intermittent du littoral" mais conteste l'importance du recul " présenté par BUFFAULT (1930).

Enfin, les blockhaus du Mur de l'Atlantique édifiés en 1942 ont fourni au public de la deuxième moitié du siècle, un repère on ne peut plus démonstratif des progrès de la mer durant la période récente.

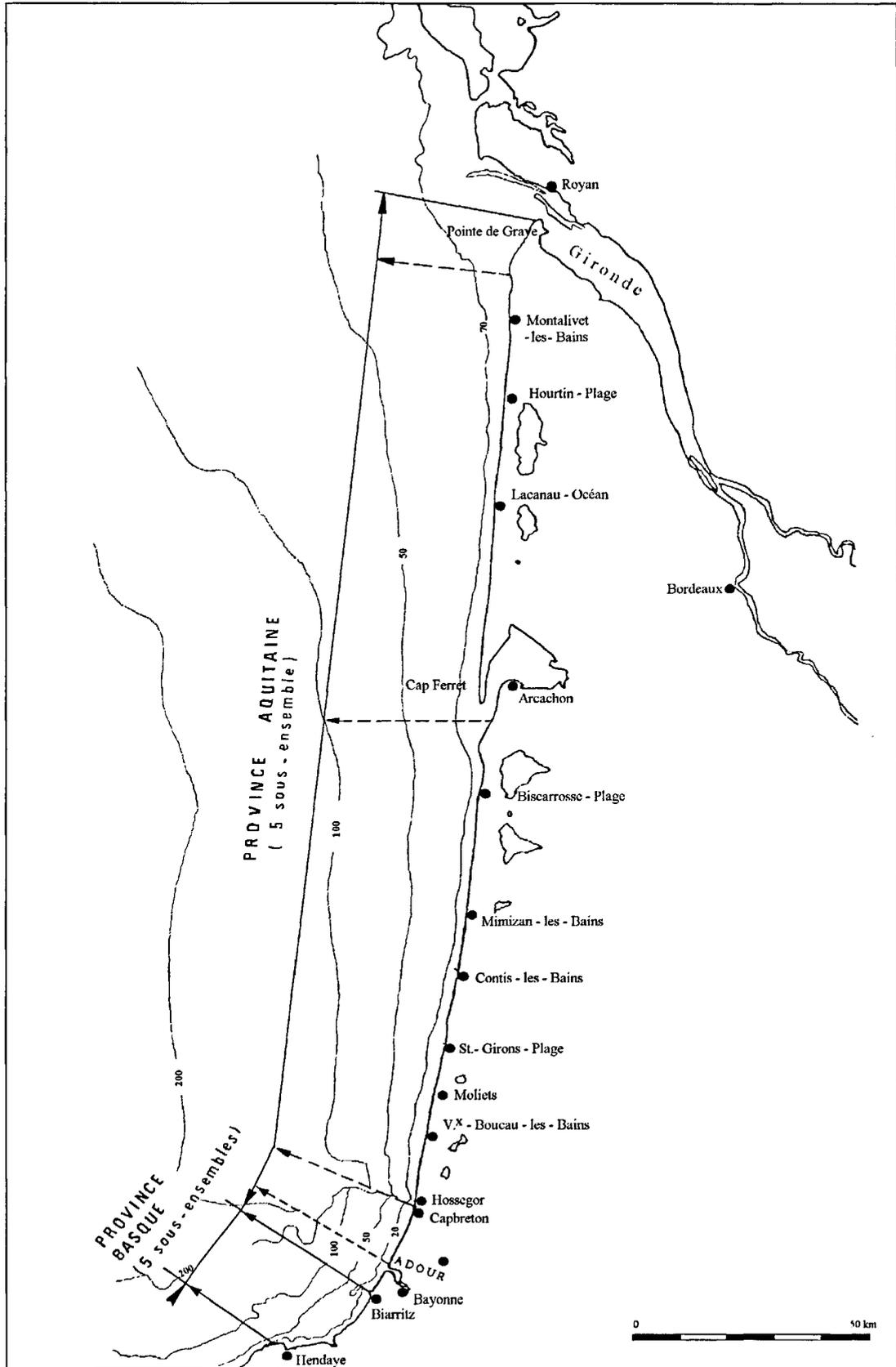


Figure 6 : Provinces sédimentologiques de la Gironde à la Frontière espagnole (LCHF, 1987)

Ces témoins, compte tenu du temps qui nous sépare de leur édification, devraient donner la juste mesure de ce phénomène, à la fois sa lenteur à l'échelle humaine et son irrégularité selon les secteurs de la côte.

Mais la mémoire collective préfère ne se souvenir que des tempêtes spectaculaires qui "mangent" en quelques heures des pans entiers de dunes, qui engloutissent des villas, démantèlent des digues...

Si de tels phénomènes ont bien eu lieu, ils ont été suivis par de bien plus longues périodes durant lesquelles, discrètement, la mer a ramené le sable et reconstitué la plus grande partie des pertes.

La mise en cohérence des échelles de temps et de distance de l'évolution de la côte devrait donc constituer un des résultats le plus utile de nos travaux.

### *Définition de l'ensemble (géographique, géomorphologique et sédimentologique) étudié*

Le L.C.H.F. (1987) précise que "pour l'aménageur, une notion fondamentale est celle de "province sédimentologique" que l'on peut définir comme un **domaine côtier et marin indépendant** (du point de vue des transferts sédimentaires) **des domaines adjacents**.

Selon ce principe, une province Aquitaine et une province Basque sont individualisées de part et d'autre de la pointe St Martin (Biarritz) ; au Nord, c'est l'estuaire de la Gironde qui marque certes la limite (géographique) de la Côte Aquitaine mais peut-être pas la limite sédimentologique de la "province Aquitaine" d'avec les côtes charentaises d'Arvert et d'Oléron (Fig. 6).

### *Définition du trait de côte*

Le trait de côte correspond à la ligne d'intersection du plan d'eau avec le plan de l'estran : les deux niveaux de référence du plan d'eau sont définis localement, l'un à pleine mer de grande vive-eau (trait de côte proprement dit), l'autre à la plus grande basse-mer (zéro C.M. ou zéro des Cartes marines du S.H.O.M.).

En terrain meuble, comme la côte aquitaine, le trait de côte est matérialisé par la rupture de pente entre le profil de la plage et celui du versant de la dune littorale, ou, dans le cas d'une côte en érosion (L.C.H.F., 1979), "la partie supérieure du talus qui se forme en haut de plage (microfalaise).

## **2.1. EVOLUTION PAR ZONES**

PRENANT (1968) explique que, du fait du caractère discontinu des actions efficaces de la mer sur le littoral, "sur une côte sableuse, on ne peut entièrement dégager une évolution définie par secteur puisque la mobilité de l'estran déplace longitudinalement les points d'érosion et d'accumulation. Seules peuvent être définies :

- des tendances générales, liées au tracé du secteur et à ses particularités de profil,  
- des tendances des phases actuelles déduites de la topographie temporaire de l'estran."

### ***Définition des zones***

En subdivisant les "provinces sédimentologiques" présentées plus haut, le L.C.H.F. (1987) propose des "sous-provinces" compte tenu des diverses conditions géographiques et océanographiques" (L.C.H.F., 1987).

Ce découpage recouvre sous le vocable "Arcachon", les abords du Bassin, du Grand-Crohot au Nord, à Biscarrosse au Sud :

Les sous-provinces s'intitulent alors :

- 1. Gironde - Pointe de la Négade (transit sédimentaire Sud-Nord),**
- 2. Pointe de la Négade - Arcachon (transit N-S),**
- 3. Arcachon - Capbreton (transit N-S),**
- 4. Capbreton - Adour (transit N-S)**
- 5. Adour - Pointe -Saint-Martin (transit S-N)**

L'étude SOGREAH-LARAG (1995) détaille pour la Gironde ce zonage en présentant les arguments des choix :

1. Verdon-Pointe de la Négade : secteur caractérisé par la présence de la passe Sud-Gironde et d'un transit littoral orienté du Sud vers le Nord.
2. Pointe de la Négade-Pointe du Cap Ferret : secteur caractérisé par des fonds marins réguliers et un transit littoral résultant du Nord vers le Sud.
3. Face Est du Cap Ferret, de la pointe à Bélisaire : action des courants internes du Bassin prépondérante.
4. Le Moulleau-Pointe d'Arcachon : évolution essentiellement liée à celle des passes du Bassin avec une action prépondérante des courants.
5. Pointe d'Arcachon-Biscarrosse : l'agitation joue un rôle essentiel et les apports sédimentaires sont liés à l'évolution des passes du Bassin.

A l'intérieur même des zones d'embouchures, les chercheurs ont déterminé des secteurs particuliers en fonction des conditions hydrodynamiques différentes qui régissent la morphologie.

Examinons ci-après les diagnostics disponibles zone par zone.

### 2.1.1. Estuaire de la Gironde - Pointe de la Négade

La Pointe du Médoc, fortement érodée à la fin du XVIIIème siècle a été défendue par des ouvrages à partir du milieu du XIXème siècle.

Dans la commune du Verdon, "partout où des ouvrages ont été construits depuis plus d'un siècle (1844-1960), la côte est stabilisée ; l'érosion du seul secteur non protégé (Les Huttes) montre que les opérations de reprofilage de l'estran freinent, sans l'arrêter l'érosion de la côte (SOGREAH-LARAG, 1995).

Au fort St Nicolas et entre Soulac et l'Amélie, DUGAS (1966), par comparaison de photographies aériennes de 1947 et 1957, estime le recul de la côte à 50 m en 10 ans.

**Un diagnostic d'ensemble** pour la zone a été établi dans les années 80 où d'importantes études ont été menées : L.C.H.F., 1982 ; L.C.H.F., 1983 ; CASTAING et HOWA, 1985 ; ce dernier auteur distingue dans sa thèse huit zones dont le comportement diffère sensiblement.

"Le littoral du Nord-Médoc subit une érosion intense qui se distingue dans l'ensemble aquitain par son irrégularité et sa violence (jusqu'à 12 m par an de recul à la Pointe de la Négade) (HOWA, 1987).

Les causes seraient à rechercher au large : "(...) dans l'état actuel des études, on peut dès à présent affirmer que la tendance générale est à l'approfondissement de la passe Sud, au creusement de nouveaux chenaux, à la réduction d'extension et à l'abaissement des zones de hauts-fonds. Ce processus conduit à une augmentation du niveau d'énergie dynamique (houle et courants) et aboutira à terme à une aggravation de l'érosion littorale." (CASTAING et HOWA, 1985).

Le mécanisme serait le suivant : "la perte de matériaux vers le large enregistrée dans le système Passe Sud-littoral Nord-médocain, s'élève à plus de 18 millions de mètre cubes en 42 ans, soit 440 000 m<sup>3</sup> par an, plus une perte éolienne de "23 000 m<sup>3</sup> par an vers le cordon dunaire". Le déficit sédimentaire est d'autant plus important que (...) la Passe Sud se présente comme un système isolé par rapport à la partie Nord de l'embouchure et au plateau continental interne (*ibid.*).

Seule, la plage St Nicolas, progresse de 30 m/an depuis 1964 par un apport de 250 000 m<sup>3</sup>/an en provenance de la plage des Huttes transportés par la dérive littorale S-N. Or, l'étude au sonar latéral de la passe Sud a montré que le charriage global s'effectue vers l'aval à l'extrémité du platin de Grave (partie amont de la passe) alors qu'il se fait vers l'amont en bordure de la cuvette centrale (partie SW de la passe) et dans le chenal de Soulac (BRAUD, 1986). Il y aurait donc un secteur d'accumulation situé entre ces deux points.

**En conséquence** : Dans la période 1984-1991, "pratiquement la totalité des secteurs littoraux prospectés sont en érosion (maximum à la pointe de la Négade avec 6,9 m/an), à l'exception de certains secteurs en engraissement : St Nicolas (+ 8,3 m/an), L'Amélie (2,9 m/an) (SOTTOLICHIO, 1994).

Dans la période 1991-1994, "la totalité de cette partie du littoral est en érosion sauf St Nicolas et les secteurs défendus" (SOTTOLICHIO, 1995).

Si l'on considère la période la plus récente, la comparaison des profils O.N.F. de 1990 et 1995 montre une érosion seulement à l'Amélie (5 m) et une sédimentation à Le Verdon (St Nicolas).

Les perspectives extrapolées de recul de la côte de Soulac s'élèveraient à quelques 300 m à l'horizon du siècle (SOGREAH-LARAG, 1995).

### **2.1.2. Pointe de la Négade - Arcachon**

"Au Sud de la Pointe de la Négade, le littoral n'est plus sous l'influence de l'embouchure et se présente comme une côte franchement océane (...) la régularité de l'érosion des littoraux du Gurp (2 m par an) et de Montalivet (0,6-0,8 m par an) s'oppose au phénomène observé plus au Nord" (HOWA, 1987).

Les propriétés morphosédimentaires du secteur du Gurp et de Montalivet les différencient de la côte du Sud. De plus, certains pieds de dunes sont défendus par piquetages à Grayan (Euronat) et Montalivet. Ces particularités sont de nature à ralentir localement le recul du trait de côte.

Le secteur de Lacanau a été particulièrement étudié (TAVARES, 1976 ; CASTAING, WEBER, TASTET, 1979 ; P.A.B., 1978 ; L.C.H.F., 1979).

#### ***Entre La Pointe de La Négade et Carcans***

Sur la période 1947-1957, par comparaison de photos aériennes DUGAS (1966) constate :

- Une stabilité moyenne de la Pointe de la Négade,
- De la Pointe de la Négade au Pin-sec, la progression de dune dans la forêt est d'environ 100 m et le recul du rivage est faible.
- Du Pin-Sec à Hourtin, on note un recul important du rivage de 40 à 50 m. Les blockhaus ont basculé sur le haut estran. La dune a également progressé de 100 m environ vers l'Est.

Sur la période 1942-1968, d'après la position des blockhaus, PRENANT (1968) indique un recul d'ensemble qui peut être évalué à 25 m à la Pointe de la Négade, à 40 m sur la rive Nord de l'Anse du Gurp et à 20 m au Gurp même, soit en moyenne, respectivement 1 m, 1,60 m et 0,80 m/an.

De Dépé au Pin-Sec, le recul est absent ou très faible (...) de l'ordre de 0,3 à 0,5 m/an. Du Pin-sec à Lacanau les variations saisonnières considérables du profil de plage l'emportent de beaucoup sur le recul durable - réel - du front dunaire.

**"Considérée sur une longue période,** l'érosion est maximale dans la zone d'Hourtin, ou elle atteint 2 m/an. On a les reculs suivants :

- 1,8 m/an à Carcans entre 1928 et 1979,
- 1,8 m/an à Hourtin entre 1936 et 1979 mais seulement 0,3 m/an entre 1952 et 1967,
- 0,9 m/an à Montalivet entre 1875 et 1967." (L.C.H.F., 1979).

Dans la période 1982-1985 "tout le littoral situé au Nord de Carcans est en érosion, avec un recul maximum à Hourtin de - 2 m/an.

Dans la période 1984-1991, "pratiquement la totalité des secteurs littoraux prospectés sont en érosion (maximum à la pointe de la Négade avec 6,9 m/an), à l'exception d'un secteur stable, Le Gurp" (SOTTOLICHIO, 1994).

Dans la période 1991-1994, "seul le Nord-Médoc a fait l'objet d'un suivi détaillé. Cette partie du littoral est en érosion (maximum au Poste du Gurp avec 13,4 m/an). Le recul est également remarqué à Montalivet" (SOTTOLICHIO, 1994).

Cependant, la comparaison de l'évolution qui s'est déroulée depuis cinquante ans avec celle des vingt-cinq dernières années (SOGREAH-LARAG, 1995) montre :

- un ralentissement au Nord (Grayan, Montalivet) de 1,0/1,5 à 0,5 m/an,
- un maintien vers Naujac, Hourtin, Carcans autour de 1,5 m/an.

Si l'on ne considère que la période la plus récente, la comparaison des profils O.N.F. de 1990 et 1995 - prise en compte dans l'étude précédente - montre une érosion seulement à Carcans-Plage (< 5 m).

### ***Entre Carcans et le Cap Ferret***

Sur la période 1947-1957, par comparaison de photos aériennes DUGAS (1966) constate que "le recul est faible de même que l'ensablement de la forêt". La dune littorale est plus volumineuse qu'au Nord de Carcans.

"D'après les données O.N.F., on aurait une érosion de l'ordre de 2 m/an de 1945 à 1965 entre Lacanau et Le Porge. Entre 1967 et 1979, le recul aurait été compris entre 0,5 et 1 m/an, sauf dans la zone Le Grand-Crohot - Le Porge qui aurait été en sédimentation de 0,5 m/an (L.C.H.F., 1987).

"Avant 1968, le littoral est stable au Grand-Crohot" (L.C.H.F., 1968).

Dans la période 1982-1985, le littoral est en engraissement (maximum au Porge avec + 5 m/an) à l'exception de Lacanau et le Cap Ferret, où le trait de côte recule respectivement de 1 et 5 m/an (SOTTOLICHIO, 1994).

Dans la période 1984-1991, "pratiquement la totalité des secteurs littoraux prospectés sont en érosion à l'exception de certains secteurs en engraissement : le Grand-Crohot" (SOTTOLICHIO, 1994).

La comparaison du recul qui s'est produit depuis cinquante ans avec celle des vingt-cinq dernières (SOGREAH-LARAG, 1995) montre :

- une accélération vers Lacanau de 0,5 à 1,5 m/an,
- un quasi maintien vers Lège-Cap Ferret, autour de 1,0 m/an.

Si l'on considère la période la plus récente, la comparaison des profils O.N.F. de 1990 et 1995 montre :

- une érosion au Gressier (le Porge) et à La Torchère (Lège-Cap Ferret),
- une sédimentation au Cap Ferret (Océan),
- une quasi-stabilité du trait de côte ailleurs.

Ces changements correspondent probablement à des compensations alternatives entre zones dans lesquelles le recul fluctue autour de valeurs moyennes un peu supérieures à de 1 m/an.

### **2.1.3. Abords d'Arcachon**

Ces secteurs ont été particulièrement étudiés et surveillés du fait de la proximité des passes de navigation et de l'implantation de l'émissaire des eaux usées. Des modélisations physique (L.C.H.F., 1973) et mathématique (CAYOCCA, 1996) ont été menées pour l'ensemble de la zone des passes.

La dynamique des **secteurs côtiers situés au Sud du Phare du Cap Ferret** est sous la dépendance des passes du Bassin ; les changements cycliques des passes impriment des changements cycliques de la côte mais avec un déplacement résultant vers le Sud de l'ensemble du système.

#### ***Cap Ferret***

L'extrémité de la flèche littorale a fait l'objet de nombreuses études en fonction de son intérêt scientifique et touristique. Citons celles qui ont précisément mesuré l'évolution du trait de côte : L.C.H.F., 1969 a ; L.C.H.F., 1979 ; FERAL, 1985 ; L.C.H.F, 1985 ; GASSIAT, 1989 ; P.A.B.-SOGREAH, 1997.

L'évolution morphologique du Cap Ferret est extrêmement complexe : car en plus des facteurs cycliques déjà évoqués, GASSIAT (1989) a pu distinguer, sur moins d'un kilomètre de côte, trois secteurs soumis chacun à un type différent d'impulsion hydrodynamique : la houle à l'ouest, la houle et le courant au bout de la Pointe, le courant à l'est de la Pointe.

Sur la période 1947-1964, par comparaison de photos aériennes DUGAS (1966) constate :

- "Au Nord, une légère progression de la dune littorale freinée par les plantations des Eaux et Forêts,
- Au sud, l'engraissement très visible "avec le développement du crochet terminal de la Pointe.

L'évolution 1950-1982 a été reconstituée à partir de l'imagerie par POUGET (1984) : la disparition du crochet terminal est effective en 1977.

Cette phase de régression se poursuit de nos jours : elle résulte de la conjonction de l'ouverture d'une nouvelle passe Nord dans les années 80 (érosion de l'extrémité de la Pointe) et du renforcement depuis plus de cinquante ans de l'axe hydraulique Mapouchet-Eyrac-Ferret à l'intérieur du Bassin (érosion de la face Est de la Pointe).

### *Du Moulleau à la pointe d'Arcachon*

Ce secteur a fait l'objet d'études détaillées (L.C.H.F, 1969, GOURHANT, 1977 ; SOGREAH, 1985 ; FROIDEFOND et LEGIGAN, 1985 ; BABIN, 1990 ; THAURONT, 1994) et d'une synthèse récente en vue d'un plan de rechargement des plages (CREOCEAN, 1992).

Par opposition à la précédente, l'évolution de cette côte se poursuit de manière continue et linéaire depuis le XVIIIème siècle, hormis l'atterrissage périodique du banc de Pineau sur la côte de la Pointe d'Arcachon faisant partie du cycle des passes.

L'érosion de la côte de Bernet (Pereire) au XIXème siècle, puis de Moulleau, aujourd'hui de Pyla a imposé l'édification d'ouvrages de défense, depuis l'entre-deux guerres, pour protéger la station balnéaire naissante.

Au delà vers le Sud, la côte continue à reculer à un rythme moyen de 15 m/an (La Teste- Les Gaillouneys), et plus rapidement encore à la **pointe d'Arcachon** où le banc de Pineau, accolé à la côte dans les années 50, est en voie de dégagement par l'érosion.

### *La Salie*

Bien qu'extérieur au Bassin, ce secteur subit les conséquences de l'évolution des passes du Bassin et doit donc être examiné en parallèle.

Très étudié depuis les années soixante (L.C.H.F., 1968, 1980, 1985 ; SUCASAS, 1977 ; WEBER, 1978 a ; LORIN et MIGNIOT, 1984 ; SOGREAH, 1991 ; MEHEDI et WEBER, 1985 ; TURCQ, 1984 ; MIRMAND, 1986) du fait de l'implantation de l'émissaire des eaux usées, ce secteur a bénéficié récemment d'études détaillées des processus sédimentaires et de modélisations (MICHEL, HOWA, TASTET, 1993 ; MICHEL, 1997).

Ce secteur a présenté **jusqu'à 1968 une stabilité remarquable**, " il y a eu jusqu'ici très peu de changement en ce qui concerne la côte de La Salie. Le trait de côte devant la maison forestière de La Salie - en place depuis plus de cent ans semble-t-il - est toujours à la même distance de celui-ci" (L.C.H.F., 1968).

"**Entre mars 1976 et janvier 1977**, le profil situé au Nord du Wharf, a une tendance à l'accumulation, alors que le profil situé au Sud du wharf montre une érosion ; considérant que le wharf influe peu sur les déplacements sableux, sauf au niveau de la haute plage, l'accumulation au Nord serait en partie due à l'arrivée de sables issus du banc du Pineau (...). qui s'étale le long de la côte depuis la pointe d'Arcachon jusqu'à La Salie" (WEBER, 1978).

**Entre 1991 et 1994**, SOTTOLICHIO (1994) indique que "le recul est également remarqué au Cap Ferret (Pointe et face interne, au Pyla, à **La Salie**" ; il s'agit ici probablement du secteur de La Salie-Nord, car le secteur du Wharf (Comparaison O.N.F. de 1990 à 1995) marque plutôt une sédimentation.

#### **2.1.4. Arcachon - Capbreton,**

Ce très long secteur a été le moins étudié de toute la côte aquitaine pour diverses raisons : faible intérêt pour la navigation, emprise militaire du C.E.L. compliquant les interventions (L.C.H.F., 1979), enfin réputation de stabilité relative de la côte.

On dispose du diagnostic du L.C.H.F., 1987 par zones, basés sur BUFFAULT (1942) : d'une manière générale les évolutions sont faibles. Les principales évolutions sont liées à la présence des embouchures dont les rives ont tendance à migrer et s'éroder.

**A Biscarrosse**, "le recul du trait de côte serait de l'ordre de 1 m/an depuis le début du siècle", sensiblement équivalent au Sud de **Mimizan** (GUILCHER *et al.*, 1952, BOELLMANN, 1975 ; SOGREA, 1992) et jusqu'à **Contis**.

Si l'on considère la période la plus récente, la comparaison des profils O.N.F. de 1990 et 1995 montre une érosion au CEL à Biscarrosse-Ste Eulalie (environ 10 m) et une sédimentation faible à Mimizan-Sud et à l'Espécier (Nord de Contis).

**De Contis à Hossegor**, on peut distinguer une zone centrale (Lit-et-Mixe - St Girons) assez stable (recul < 1m/an) et des zones plus mobiles liées aux embouchures (Contis, Moliets, Vieux-Boucau). Dans l'ensemble le recul moyen à long terme reste inférieur à 1 m/an. Des extractions de matériaux seraient à l'origine de reculs spectaculaires dans les années 1978-1979 en certains points comme à Messanges (L.C.H.F., 1987).

La comparaison des profils O.N.F./D.D.E. de 1990 et 1995 montre une érosion à St Girons de 12 m environ, une quasi-stabilité au Nord d'Huchet et entre Moliets et Messanges.

### **De Vieux-Boucau à Capbreton**

Comme son nom l'indique, Vieux-Boucau représente l'ancienne embouchure de l'Adour (avant 1578) ; ce secteur côtier a donc été privé depuis 4 siècles de l'apport sédimentaire de l'Adour, apport désormais délivré 30 km plus au Sud. Il n'est pas étonnant que la véritable rupture sédimentaire se trouve là et non pas à Capbreton. Mais le temps a fait son oeuvre et lissé en grande partie les irrégularités morphologiques de cette embouchure.

L'analyse de la distribution granulométrique et minéralogique des sables ainsi que la morphologie des structures littorales ne permettent pas de "détecter de transit sédimentaire de sable ; cependant, dans l'hypothèse d'un tel transport, (il faudrait s'attendre à) un engraissement progressif du secteur côtier situé entre Hossegor et Vieux-Boucau en raison de l'inversion de la dérive littorale à ce niveau". En fait "les positions supposées des zones de sédimentation et des zones d'érosion (déduites des variations d'altitude du cordon dunaire littoral) montrent que le schéma du transit sédimentaire est plus complexe (que le transport par la dérive littorale) (...) en raison notamment de la présence du **gouf de Capbreton**" (DUPLANTIER, 1976).

L'allongement de la digue Nord de l'entrée de Capbreton (1958-1972) pour les besoins de la navigation a provoqué un engraissement de la côte au Nord et une érosion au Sud (DUPLANTIER, 1976 ; L.C.H.F., 1987 ; SOGREAH, 1992).

La dernière expertise disponible retient "un recul du littoral compris entre 0,2 et 0,5 m/an pour cette zone" (L.C.H.F., 1987).

La comparaison des profils O.N.F./D.D.E. de 1990 et 1995 une quasi-stabilité à Soustons (Vieux-Boucau) et Seignosse.

### **2.1.5. Capbreton - Adour**

L'analyse de la distribution granulométrique et minéralogique des sables ainsi que la morphologie des structures littorales montrent que "actuellement, il n'y aurait pas ou peu de cheminement des sédiments littoraux parallèlement au rivage, tout au moins pour les plages situées au sud de Capbreton ; (...) du fait de l'orientation du rivage à 25° environ (...) les transports de sédiment se résumeraient à des échanges entre les plages et le plateau interne ; cependant ceci n'explique pas pourquoi la plage de Labenne semble être plus érodée que les autres (dunes bordières plus basses)" (DUPLANTIER, 1976).

Entre Capbreton et l'Adour, la dernière expertise disponible retient "un recul du littoral de 0,7 à 1,0 m/an pour cette zone depuis 1945" (L.C.H.F., 1987).

La comparaison des profils O.N.F./D.D.E. de 1990 et 1995 montre une érosion à Capbreton-Sud et à Labenne d'environ 10 m, et une quasi-stabilité à Ondres et Tarnos.

Quant aux abords de **l'embouchure de l'Adour**, qui sont parmi les littoraux français dont on connaît le mieux l'évolution (CAILLOT *et al.*, 1976 ; L.C.H.F., 1975 ; L.C.H.F., 1978 ; L.C.H.F., 1982 ; SOGREAH, 1993), ils ont fluctué en fonction de toutes les

sollicitations qu'ils ont pu recevoir : ouvrages d'aménagement ou de défense, dragages de chenaux, extractions ou rechargement de matériaux.

### **2.1.6. Adour - Pointe St Martin**

Cette côte, qui englobe les plages de la commune d'Anglet, a été particulièrement étudiée en raison de la lutte incessante menée dans ce secteur pour maintenir navigable l'embouchure de l'Adour. L'importance touristique des plages est venue amplifier les efforts consentis pour appréhender et maîtriser les processus sédimentaires de cette partie de côte.

Depuis son percement en 1578 à Boucau-Neuf et la construction d'ouvrages de fixation du chenal qui ont suivi jusqu'à la grande digue de 1963-1965, cette partie extrême de la province sédimentaire aquitaine a été progressivement coupée de l'apport par la dérive littorale N-S du secteur limitrophe de Capbreton ; simultanément la Pointe St Martin isole cette zone des apports du Sud car **l'approfondissement des fonds côtiers ne permet plus les échanges sédimentaires latéraux entre zones via les plages sous-marines et les petits fonds.**

Ce démaigrissement des fonds côtiers et l'érosion des plages d'Anglet qui s'en est suivie dans les années 1970, ont entraîné la construction d'ouvrages (épis), l'arrêt des extractions d'agrégats au large (1977) et le rechargement systématique des petits fonds actifs situés devant les plages avec les matériaux (sables grossiers) dragués dans le chenal de navigation.

Ces mesures ont permis entre 1973 et 1981 un retour à une "sédimentation générale par profondeurs supérieures à - 3 m environ et une tendance au retour à l'état initial." (L.C.H.F., 1987)

Au Sud de l'Adour, les ouvrages de défense et le rechargement constant des **plages d'Anglet** ont conduit à une quasi maîtrise des processus qui n'ont plus de rapport avec une évolution naturelle (SOGREAH, 1986 ; SOGREAH, 1988 ; SOGREAH, 1992).

## **2.2. EVOLUTION PAR PERIODES**

Nous examinons ici les conclusions disponibles sur l'évolution d'ensemble de la côte au cours des différentes périodes où l'on dispose d'informations.

### **2.2.1. Evolution de la côte sur l'ensemble de la période 1740-1980**

Le premier et le plus complet de ces documents est la figure tirée du rapport L.C.H.F. de 1979 reproduite ci-contre (Fig. 7 ) qui est un tableau récapitulatif du "Recul moyen du trait de côte (en m/an) selon les époques et les sites considérés d'après les données de BOUQUET DE LA GRYE, BUFFAULT et l'O.N.F."

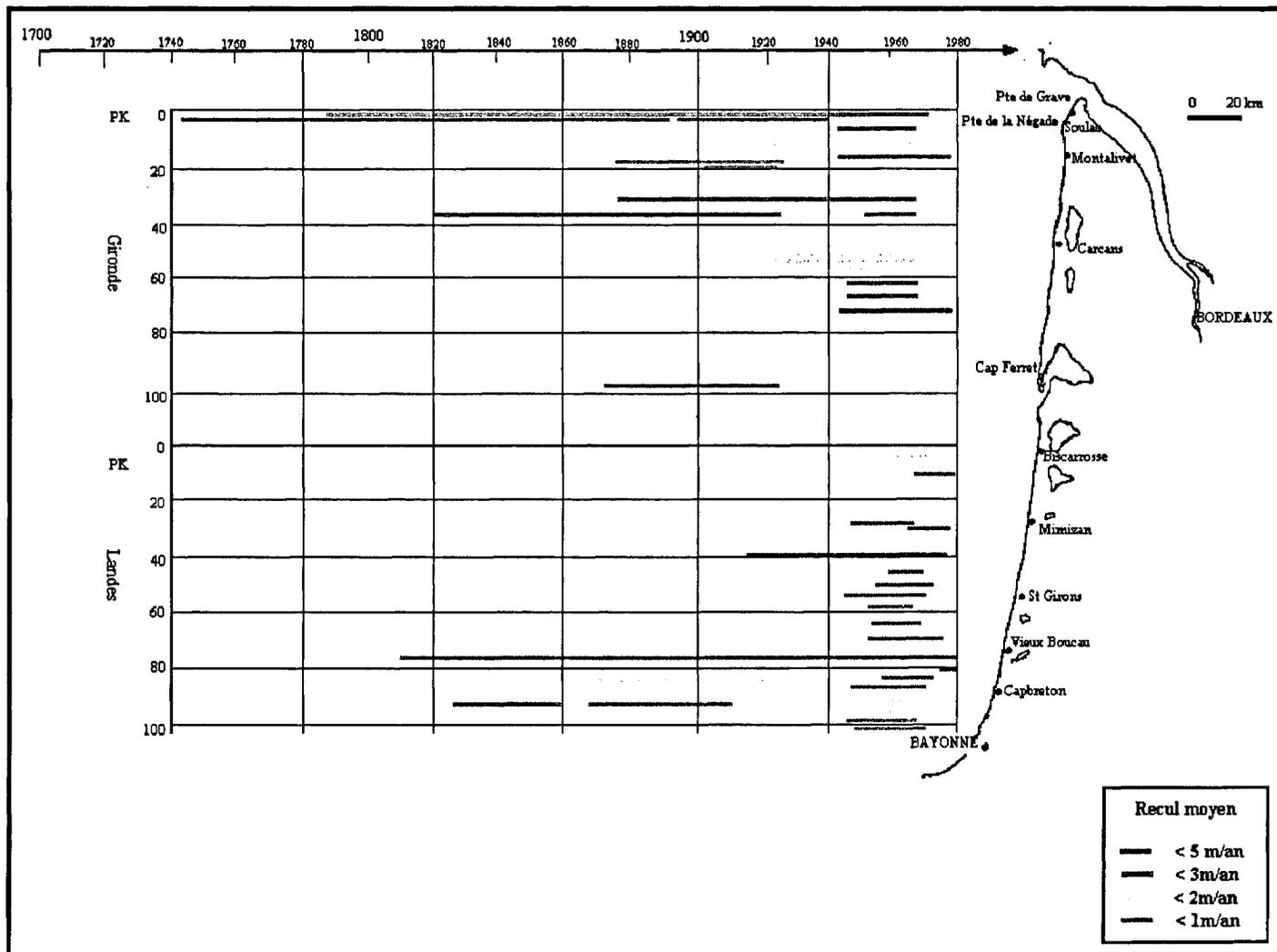


Figure 7 : Recul moyen du trait de côte (en m/an) selon les époques et les sites considérés (LCHF, 1979)

On constate tout d'abord que ce tableau se réfère à des données précises depuis plus de deux siècles à l'embouchure de la Gironde et vers Vieux-Boucau-Capbreton, mais de guère plus d'un siècle entre ces deux pôles, et même de seulement cinquante ans dans les secteurs du Porge et de Biscarrosse-Mimizan.

Le recul moyen obtenu à partir de ces données, qui se chiffre par plusieurs mètres/an au Nord (Médoc), décroît vers le Sud avec un minimum de quelques décimètres à St Girons dans la période récente, et une nouvelle augmentation à des valeurs de l'ordre du mètre vers le Sud (Capbreton).

Il n'est pas fait état de sédimentation bien qu'elle se soit manifestée certainement durant la période historique (cf. rapport annexe n° 2 "Exploitation des cartes anciennes marines et terrestres").

Le "Catalogue sédimentologique des Côtes françaises" reprend les conclusions précédentes sur l'évolution du littoral aquitain "considéré sur une longue période de 150 à 200 ans" (sans fournir davantage de détail sur l'origine des données) (Fig. 8) :

- **Le recul est le plus faible dans la partie centrale entre Le Porge et Moliets (1 m à 0,5 m /an) et est même inférieur à 0,5 m/an dans la zone de Saint-Girons.**
- **Il est maximal aux limites Nord et Sud : 2 m/an et plus dans les zones de Soulac et de l'Adour (avant que le littoral ne soit défendu).**
- **Il est compris entre 1 et 2 m sur le reste du littoral.**

**Actuellement, des évolutions de fonds et littoraux, parfois importantes, concernent des zones telles que l'estuaire de la Gironde et les passes d'Arcachon. Il s'agit de processus liés à des déplacements de bancs et de chenaux.**

**Il s'agit aussi de la conséquence d'interventions humaines :** d'autres évolutions locales sont en relation avec les accumulations sur la face nord de la majorité des ouvrages d'endiguement des débouchés. Enfin, le moindre recul de la côte dans le secteur central (Landes) pourrait s'expliquer par le fait que les extractions de matériaux se font aux extrémités (Gironde, Adour).

**A ces évolutions à long et moyen termes (plusieurs dizaines d'années, quelques années) s'ajoutent celles à court terme (une saison, une année) et très court terme (quelques jours et moins) qui dépendent des conditions océanographiques saisonnières moyennes ou des tempêtes."**

### **2.2.2. Période 1967-1985**

Cette période correspond à l'activité d'étude du L.C.H.F. sur différentes parties de la Côte Aquitaine. Les sous-périodes distinguées correspondent aux résultats d'études particulières.

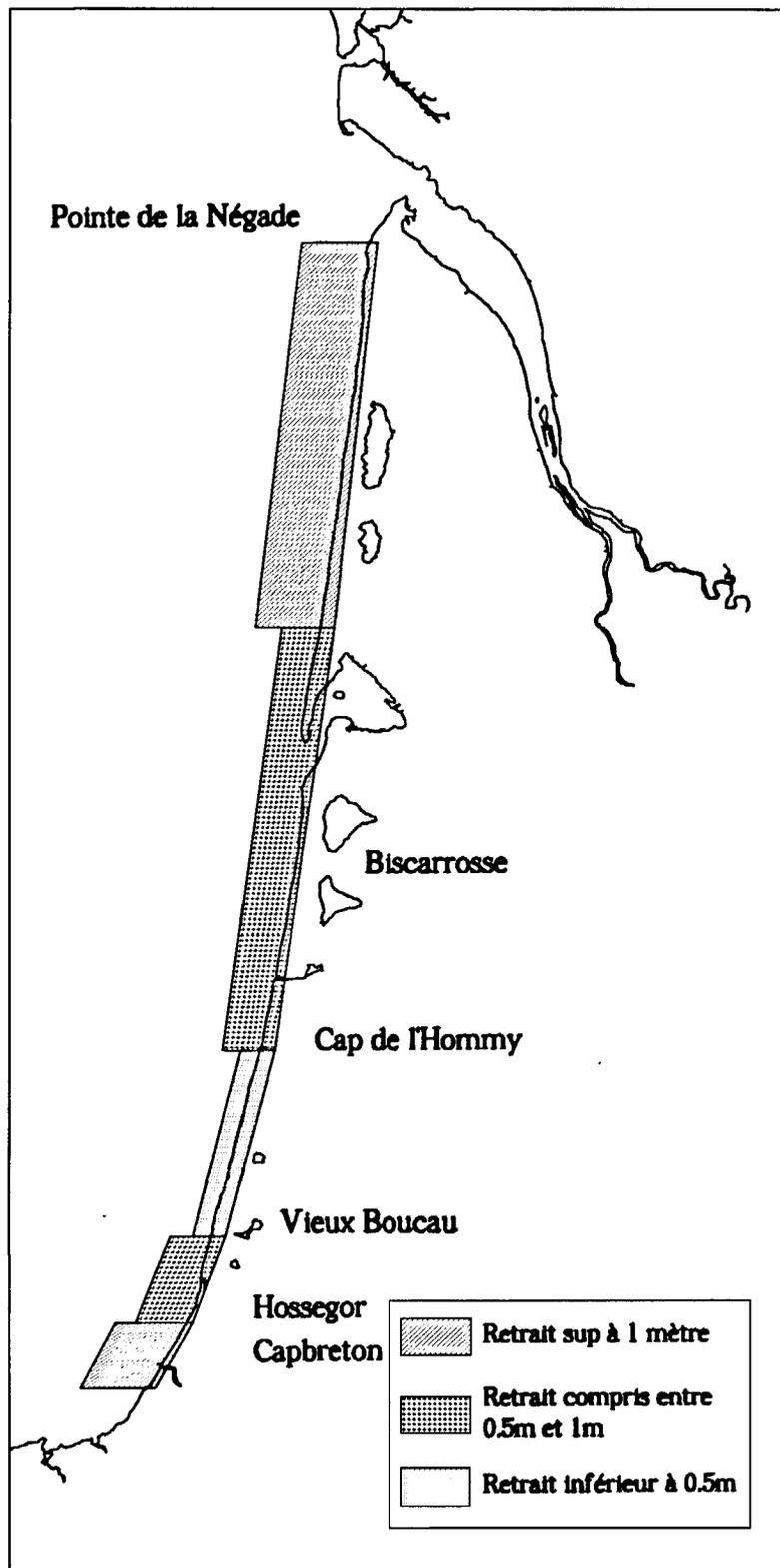


Figure 8 : Recul annuel moyen du trait de côte entre la Gironde et l'Adour (LCHF, 1985)

### 2.2.2.1. Evolution de 1967 à 1979

L'évolution constatée dans cette période, qui va de décembre 1967 à février 1979, est exposée dans un important rapport de synthèse (L.C.H.F., 1982).

"A l'échelle (de l'ensemble) du littoral, depuis la Côte d'Arvert (au Nord de la Gironde) jusqu'à la plage d'Anglet (au Sud de l'Adour), le secteur de Saint-Girons peut être assimilé à une zone neutre de part et d'autre de laquelle le gradient d'érosion des plages va augmentant au fur et à mesure que l'on s'en éloigne :

- Au Nord de Saint-Girons, l'érosion moyenne va croissant vers le Nord. Le recul moyen annuel au cours des dernières années est de 10 à 15 m au Sud de Soulac et de 18 à 20 m dans le secteur du sémaphore et du phare de La Coubre.
- Au Sud de Saint-Girons, l'érosion moyenne annuelle va croissant vers les plages des Pyrénées Atlantiques. Sur les dernières années, elle est maximale à hauteur d'Anglet (entre Biarritz et l'embouchure de l'Adour)."  
Les amplitudes maximales résultantes de déplacement sont inférieures à 3 mètres/an.

#### Commentaires

Le L.C.H.F. (1979) fait apparaître la notion de zones de sédimentation et de zones d'érosion qui **alternent** le long du littoral.

On remarque que les zones d'érosion maximale (pics principaux) sont distantes de cinquante kilomètres, avec des zones d'érosion moindre (pics secondaires) situées à égale distance (20 à 25 km) des précédents. Il y aurait donc une répartition régulière (**périodique**) des zones d'attaque du littoral.

En outre, l'évolution observée durant **l'hiver 1978-1979** est décrite : l'ampleur des déplacements observés en quelques semaines excède de beaucoup la moyenne annuelle des douze années 1967-1979 ; on peut en déduire que la date et la fréquence des observations influent beaucoup sur l'appréciation d'un phénomène aussi irrégulier.

Du point de vue zonal, les érosions les plus fortes (de l'ordre de 10 m/an) sont observées à proximité de chenaux à forts courants de marée (Passe Sud-Gironde, Passes du Bassin) et dans les zones d'extraction de sable (Vieux-Boucau). La nécessité de traiter séparément l'étude du phénomène d'évolution côtière aquitaine de celui de l'évolution des embouchures est encore démontrée.

Un quatrième tableau décrit le "Déplacement du maximum d'érosion (pic) vers le Sud dans le département de la Gironde " et l'évalue à 0,4 Km/an.

"D'ores et déjà, il paraît possible d'émettre la notion de sédimentologie prévisionnelle dans la mesure où en 10 sites bien différents, le point d'attaque maximale du littoral a progressé à une vitesse allant de 0,4 à 0,5 km/an" (L.C.H.F., 1979).

"Le concept de points d'attaques préférentiels rejoint les informations recueillies au cours de l'étude morphologique du littoral. Il existe en effet le long du littoral des accumulations sableuses allant du banc de petite amplitude au wagon sédimentaire de plusieurs centaines de mètres."

Dans l'état actuel de nos connaissances et en l'absence de toute intervention humaine au littoral, la prochaine phase d'érosion du littoral, très violente ( de l'ordre de 2 m/an) atteindrait son maximum à hauteur de Lacanau-Océan d'ici environ 20 ans" (*ibid.*)

En Gironde, entre 1875 et 1979, le **pic principal d'érosion** s'est déplacé de la zone de Carcans vers le Sud à la vitesse moyenne de 0,5 km.an<sup>-1</sup>. Dans les Landes, le pic principal d'érosion s'est translaté progressivement de Mimizan à Contis (LCHF, 1979).

#### 2.2.2.2. Evolution entre février 1979 et janvier 1982

"En Gironde les érosions maximales se sont localisées :

- Au Sud de Soulac : 20 m en trois ans,
- De part et d'autre de Carcans avec 40 m de recul du bas de dune au Sud du Crohot des Cavalles,
- A la Pointe du Cap Ferret, avec 100 m de recul entre **septembre 1978** et janvier 1982.
- Dans les Landes, les érosions ont été beaucoup plus faibles **au cours des dernières décennies**. En de nombreux points du littoral, le trait de côte est resté stable. Il en est ainsi des plages du Cap de l'Homy, de Contis, de Saint-Girons, des Casernes. Au Nord de Contis, le littoral a gagné sur la mer grâce aux apports de sable en provenance des érosions massives qui avaient eu lieu en 1978-1979 dans le secteur de l'Espezier." (L.C.H.F., 1982).

#### 2.2.2.3. Evolution entre 1982 et 1985

"**En Gironde** les érosions les plus spectaculaires ont été enregistrées au Nord de la Pointe de la Négade et au Cap Ferret. Montalivet garde la particularité d'être un littoral relativement stable. Les plages de Carcans, du Porge et de la Pointe d'Arcachon s'engraissent.

Au cours des seules tempêtes de fin 1984 - début 1985, il a été enregistré des reculs "instantanés" de 50 m très localisés entre Soulac-sur-Mer et l'Amélie.

Au Cap Ferret la zone d'érosion forte concerne le kilomètre de plage situé à l'extrémité de la pointe et le phénomène y a été continu sur trois ans, entre 1982 et 1985, au rythme d'un recul moyen annuel de 100 m de plage suivant un axe Ouest-Est.

A La Salie, déplacement massif de sable de la Pointe d'Arcachon vers le Wharf engendrant dès à présent (1985) un engraissement progressif et continu des plages.

**Dans les Landes, le littoral se divise en deux unités :**

- l'une au Nord de Messanges où les plages ont tendance à l'engraissement,
- l'autre au Sud de Messanges avec tendance à l'érosion.

Ce distinguo tient compte à la fois des tendances générales et des exceptions locales(dues aux embouchures ou aux actions anthropiques)" (L.C.H.F., 1985).

### **2.2.3. Evolution du trait de côte entre 1985 et 1996**

Rappelons que pour ses besoins de gestion et de conservation du Domaine public forestier, l'O.N.F., assistée par la D.D.E. des Landes, a fait réaliser trois missions aériennes au 1/5 000° du littoral (1985, 1989, 1994) et - cinq séries de profils de la dune littorale (1968,1979, 1990, 1992, 1996).

Nous ne disposons pas, pour l'instant, des interprétations de ces données en forme de diagnostic de l'évolution du trait de côte ; cependant un examen rapide des planches de profils superposés (O.N.F., 1996) fait apparaître **une minorité (1/4) de profils en érosion entre 1990 et 1996** : il s'agit de L'Amélie, Carcans-Plage, Le Gressier (Le Porge), La Torchère (Lège-Cap Ferret), le Petit-Nice (La Teste), A.S.30 et Ste Eulalie (C.E.L.), St Girons-Plage, Le Signal (Capbreton) et La Chapelle (Labenne).

La mise à jour des données du Catalogue sédimentologique des Côtes françaises concernant le **littoral de la Gironde** (SOTTOLICHIO, 1994) a permis de prolonger les données d'évolution pour cette partie de la côte que nous avons présentées dans les diagnostics zonaux (1.2.).

L'étude effectuée pour la définition des périmètres de protection du **littoral girondin** (SOGREAH - LARAG, 1995) a repris les données existantes pour "estimer la tendance évolutive du littoral (à partir des observations du passé) et en déduire (par extrapolation) les positions futures, à 20 et 100 ans, du trait de côte".

Ces extrapolations "tiennent compte de la morphologie de la zone d'étude et des phénomènes cycliques qui peuvent exister" mais ne tiennent pas compte des ouvrages de défense existants, c'est à dire appliquent aux zones défendues les taux de recul des zones non-défendues.

"L'analyse (...) conduit à l'évaluation d'un taux d'érosion ou de sédimentation (...) réajusté, si besoin est, en fonction des évolutions du littoral avoisinant. En effet, vu l'homogénéité du littoral girondin (...), le recul ne présente pas de variations importantes sur une longue période. Si à un endroit donné, l'érosion est intense, il y aura un phénomène de compensation qui "comblera" ce déficit de sédiments."

Les conclusions de cette étude sont les suivantes :

- on prévoit partout un recul du littoral, à l'horizon du siècle, de 50 à 350 m., variable selon les secteurs.

- les points les plus critiques étant : Soulac, l'Amélie, la Pointe du Cap Ferret, le Pilat, tandis que le recul le plus faible serait à attendre dans le secteur de Lacanau.

Contrairement aux études d'ensemble menées au début des années 1980 (L.C.H.F., 1979, 1982, 1985), c'est donc le littoral girondin seul qui a bénéficié des synthèses les plus récentes (SOGREAH, 1993, 1995 ; SOGREAH-LARAG, 1997).

## Conclusion

**D'une part** "Depuis que l'on dispose de documents exploitables (c'est à dire depuis environ 2 siècles), on sait que le littoral n'est pas en équilibre mais en érosion" (L.C.H.F., 1987),

**et d'autre part**, il semble que d'une manière générale, "l'érosion de la côte aquitaine est du même ordre de grandeur que celle d'autres littoraux français comparables comme le Cotentin..." (*ibid*).

**Enfin**, "le recul moyen paraît s'être accentué au cours des dernières décennies" (*ibid*) soit avant l'année 1985.

Mais dans la période récente postérieure à 1990, et pour l'ensemble de la côte, il apparaît que les profils O.N.F. en érosion sont minoritaires : 10 sur 40 répartis également entre Gironde et Landes. Les analyses manquent sur l'évolution dans la période intermédiaire 1985-1990.

## 3. MOYENS DE PREVISION

### 3.1. CONNAISSANCE DES PROCESSUS

L'appréhension des processus d'évolution de la côte a de tout temps constitué l'objectif majeur des ingénieurs en charge de la défendre.

Dans l'hypothèse généralement retenue où la remontée du niveau marin ne serait qu'une cause secondaire du recul du littoral, la cause principale résulte de l'ablation de matériaux au détriment du système plage-dune et sa répartition au large sur le plateau continental.

A la côte, cette ablation est effectuée par le vent et la houle alors que dans les embouchures le courant de marée se combine aux deux forces précédentes.

Or "les transferts de sédiments dans les zones côtières sont engendrés par des processus dynamiques qui varient énormément en intensité d'énergie." (BUAT-MENARD *et al.*, 1996 a).

### 3.1.1. Transport éolien (Fig. 9)

Les sables sont transportés par le vent, par charriage et saltation.

#### *Seuil d'entraînement*

Les sables de haut de plage et de dune, à la fois du fait de leur exposition, de leur finesse et de leur siccité, sont les premiers à être entraînés lorsque le vent force.

La granulométrie de ces sables a été ainsi décrite par le LCHF (1979) :

"Les **sables des dunes** correspondent d'une façon générale aux matériaux les plus fins ; le grain médian du sable dunaire varie entre 250 et 400 microns, il s'accroît vers le Sud..."

"Le **haut de plage** est le site où les caractéristiques granulométriques sont les plus fluctuantes . D'un point à l'autre du littoral, le grain médian varie entre 300 et 700 microns".

La vitesse critique de mise en mouvement d'un sable de médiane  $300\mu$  à une altitude de 11,5 m est de  $9,1 \text{ m.s}^{-1}$  pour un taux d'humidité de l'air de 75 %, et de  $9,6 \text{ m.s}^{-1}$  pour un taux d'humidité de 100 % (THOMAS, 1975).

Nous considérerons donc qu'en pratique et en moyenne sur la Côte Aquitaine, le vent commence à être un agent actif de transport du sable à partir d'une vitesse de  $10 \text{ m.s}^{-1}$ .

#### *Flux*

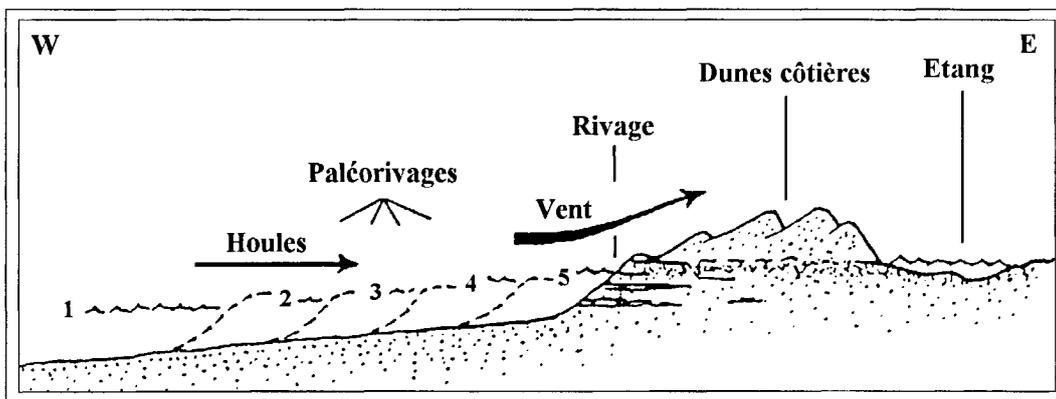
La quantité de sable transportée par le vent est une fonction cubique de la vitesse de celui-ci ; ainsi un vent de vitesse 18 m/s à 10 m de hauteur transporterait environ cinq fois plus de sable dans un temps donné qu'un vent de 12 m/s et dix fois plus qu'un vent de 10 m/s (JOHNSON, 1966).

Le chiffre de  $20 \text{ m}^3$  par an prélevé par mètre linéaire de plage est retenu par le L.C.H.F. (1987).

Ce chiffre résulte d'un calcul effectué par JOHNSON (1966) à l'aide de la formule de BAGNOLD (1941) appliquée au vent mesuré à CAZAUX entre 1961 et 1965 ; ce calcul donne effectivement une moyenne de flux annuel de  $20,8 \text{ m}^3/\text{an}/\text{m}$  linéaire de côte , mais avec un fort écart entre les années extrêmes (11,1 à  $48,0 \text{ m}^3/\text{an}/\text{m}$ ).

La répartition saisonnière obtenue sur ces cinq années montre que les trois quarts du transport annuel s'opèrent en cinq mois, de Novembre à Mars.

Toutes les évaluations citées dans la littérature varient entre 10 et  $30 \text{ m}^3/\text{an}/\text{m}$ . Toutefois, lorsque l'année comporte de grandes tempêtes, les flux augmentent considérablement :



**Figure 9** : Schéma de l'évolution holocène du littoral Aquitain, *in* FROIDEFOND, 1982

"Pour un même tronçon de plage, à La Salie, proche du site de mesure du C.E.L., le débit éolien (transit de sable sur la crête dunaire) calculé à l'aide de l'abaque de THOMAS (1975), pour une période de 14 jours, du 25 novembre au 9 décembre 1976 (forte tempête les 1-2 décembre) représente les 2/5 du débit éolien relatif à une année, allant du 19 mars 1976 au 23 mars 1977 ; les quantités de sable ayant transité sur ce tronçon de plage (760 m) étant respectivement d'environ 20 000 m<sup>3</sup> (26,3 m<sup>3</sup>/m) et 50 000 m<sup>3</sup> (65,8 m<sup>3</sup>/m) pour l'une et l'autre période" (WEBER, 1978).

Certaines particularités morphologiques peuvent provenir de la réponse différente des matériaux aux impulsions éoliennes : c'est ainsi que, "la distribution granulométrique le long des plages reflète celle des dunes littorales : la diminution de hauteur du cordon dunaire littoral (dans le Sud) peut être expliquée par la réduction des sables moyens éolisables par rapport aux sables grossiers" (DUPLANTIER, 1976).

### 3.1.2. Transport hydraulique

On oppose généralement (ORGERON, 1974 ; GASSIAT, 1989 ; CARRUESCO, 1989) les transports sédimentaires par charriage qui s'appliquent aux sables, aux transports en suspension qui concernent les sédiments plus fins (composant le matériel en suspension).

L'extrême agitation qui règne dans la zone littorale entretient du sable en suspension. Aussi la zone de déferlement de la houle est-elle le siège d'importants transports de sable en suspension (L.C.H.F., 1979).

Alors que "les conditions hydrodynamiques de tempêtes peuvent remanier les sédiments au delà de 80 m de fond" (TURCQ *et al.*, 1986), les transports proprement dits sont surtout importants dans la bande côtière directement exposée à l'action des vagues et limitée aux profondeurs de 10 m environ. Les déplacements des matériaux peuvent se faire soit parallèlement au littoral - il s'agit alors du "transit littoral"\* (actionné par la "dérive littorale"\*) - soit perpendiculairement dans le profil".

**La frange littorale** peut être divisée en deux domaines d'échanges sédimentaires selon que l'on se trouve au delà ou en deçà de la barre (bourelet infra littoral sur lequel brise la houle).

- Au large de la ligne des barres on observe seulement des **émissions périodiques** et superficielles vers la côte, ou en se rapprochant de la côte (à partir des fonds de 10 m dans les conditions de l'étude) un **faible charriage** également vers la côte, dû à l'accroissement des vitesses orbitales.

- En deçà de la barre, véritable ligne de discontinuité, les **effets de déferlement** prennent le pas sur ceux des mouvements périodiques de la houle. Le haut degré de turbulence, les courants qu'elles engendrent entre la barre et l'estran ("longshore drifting", ou **dérive littorale**), le transport en dent de scie ("beach drifting") sur les estrans, provoquent, dès que la houle présente une obliquité marquée par rapport à la côte, un intense transport de sable parallèle au rivage. Ainsi, au Nord de l'entrée du Bassin, la totalité du million de m<sup>3</sup> transporté

dans un sens ou dans l'autre transite dans une étroite bande littorale de 500 m environ de large". (ORGERON, 1974).

### ***3.1.2.1. Transport par la houle***

Les formulations mathématiques des courants et des mouvements sédimentaires provoqués par la houle sont rappelées en annexe 1.

"Son action est prépondérante car elle dissipe les  $\frac{3}{4}$  de son énergie en arrivant à la côte.

La houle représente l'élément déterminant de la remobilisation des sédiments déjà déposés.

En profondeur importante, les trajectoires décrites par la houle sont circulaires (houle rotationnelle), il n'en est pas de même en profondeur finie où les trajectoires des particules du fluide soumises à l'action de la houle et en contact avec le fond sont ouvertes (houle irrotationnelle) : en effet, la vitesse des particules sur la crête des vagues est supérieure à la vitesse des particules situées au creux de la vague (SITARZ, 1963).

**Il en résulte un courant de masse qui tend à assurer un transport de sédiments vers la côte.**

#### ***3.1.2.1.1. Transports dans le profil***

"Il y a interdépendance entre la ligne de trait de côte et la configuration des fonds au large" (LCHF, 1985), car "il existe des mouvements sédimentaires dans le profil (perpendiculaire à la côte) avec :

- d'une part, un triage de la côte vers le large, une partie des sédiments fins étant entraînée vers le large par le courant de compensation ("rip-current") et sédimentant à des distances (*fonds de - 10 à - 15 m*) d'autant plus éloignées du littoral que la vitesse de chute des particules est plus faible,
- d'autre part une certaine "inertie" des sédiments situés sur les fonds supérieurs à - 15 m, l'action de la houle n'étant pas suffisante pour remonter les sables grossiers vers la côte (...).

A partir des fonds de - 20 m, les échanges seraient très faibles, sinon inexistant" (LCHF, 1969b).

Les transports sédimentaires dans le profil sont les mécanismes responsables de l'évolution saisonnière de la morphologie des plages (cf. 3.1.4.).

L'ordre de grandeur des mouvements de sable dans le profil a été évalué à 0,7 million de tonnes par km de côte et par an (LCHF, 1969), puis à 0,5 million de m<sup>3</sup>/km/an " avec perte de matériaux vers le large lors des tempêtes (L.C.H.F 1987).

#### **3.1.2.1.2. Dérive littorale (Fig. 10)**

Dès le XIX<sup>ème</sup> siècle, BOUQUET DE LA GRYE et CASPARI remarquent l'identité d'orientation des barres sableuses des côtes du Golfe de Gascogne.

GLANGEAUD et GAUDIL, en 1939, s'intéressent au déplacement des sables dans la région de Soulac et concluent à une dérive du Nord vers le Sud.

DUPLAIX, en 1956, confirme ce sens de dérive littorale par l'étude des minéraux lourds.

DUGAS (1966), à partir de la translation de l'isobathe - 5 m du delta de marée d'Arcachon vers le Sud donnait une "valeur approximative de transit littoral de 840 000 m<sup>3</sup> /an dont il faut déduire les apports dus aux érosions du Bassin d'Arcachon".

Le LCHF, en 1969, étudie le déplacement des sables dans les fonds inférieurs à 20 m et sur l'estran du Cap Ferret et de Biscarrosse, les passes et les plages du Pyla et de Pereire par calcul et par traçage fluorescent (LCHF, 1969 b).

En 1969, une étude commune du LCHF et du CEA conduit à vérifier le déplacement des sables au large du Cap Ferret sur les fonds de 4 à 20 m par traçage radioactif (LCHF, 1969c).

Les chiffres constamment repris depuis DUGAS (1966) et confirmé par le L.C.H.F. (1968) **évaluent "l'entraînement des matériaux à 600 000 m<sup>3</sup> au nord et à 200 000 m<sup>3</sup> vers Capbreton"** (L.C.H.F., 1987) (Fig. 3).

Mais ce chiffre ne constitue qu'un **ordre de grandeur moyen qui peut grandement fluctuer** en fonction de la durée totale des périodes météorologiques sévères : plus de la moitié du transport sédimentaire a lieu au cours des tempêtes ayant une amplitude de houle supérieure à 5 m, c'est à dire au cours d'une période de moins de 1 mois dans l'année (LCHF, 1969 b).

#### ***Le transit littoral reste très localisé***

"Le transit littoral (*sédimentaire*) se limite à la bande comprise entre la plage et les fonds d'environ 10 m ; il s'effectue du Nord vers le Sud, puis subit une dispersion vers le large sous l'action des courants de jusant sortant des passes. Les éléments les plus fins (150 µm) sont alors entraînés jusqu'à 5 km de la côte et viennent recouvrir les anciens dépôts sédimentaires plus grossiers (...). Au Sud (*des passes*), on retrouve le transit littoral Nord-Sud (LCHF, 1969 b).

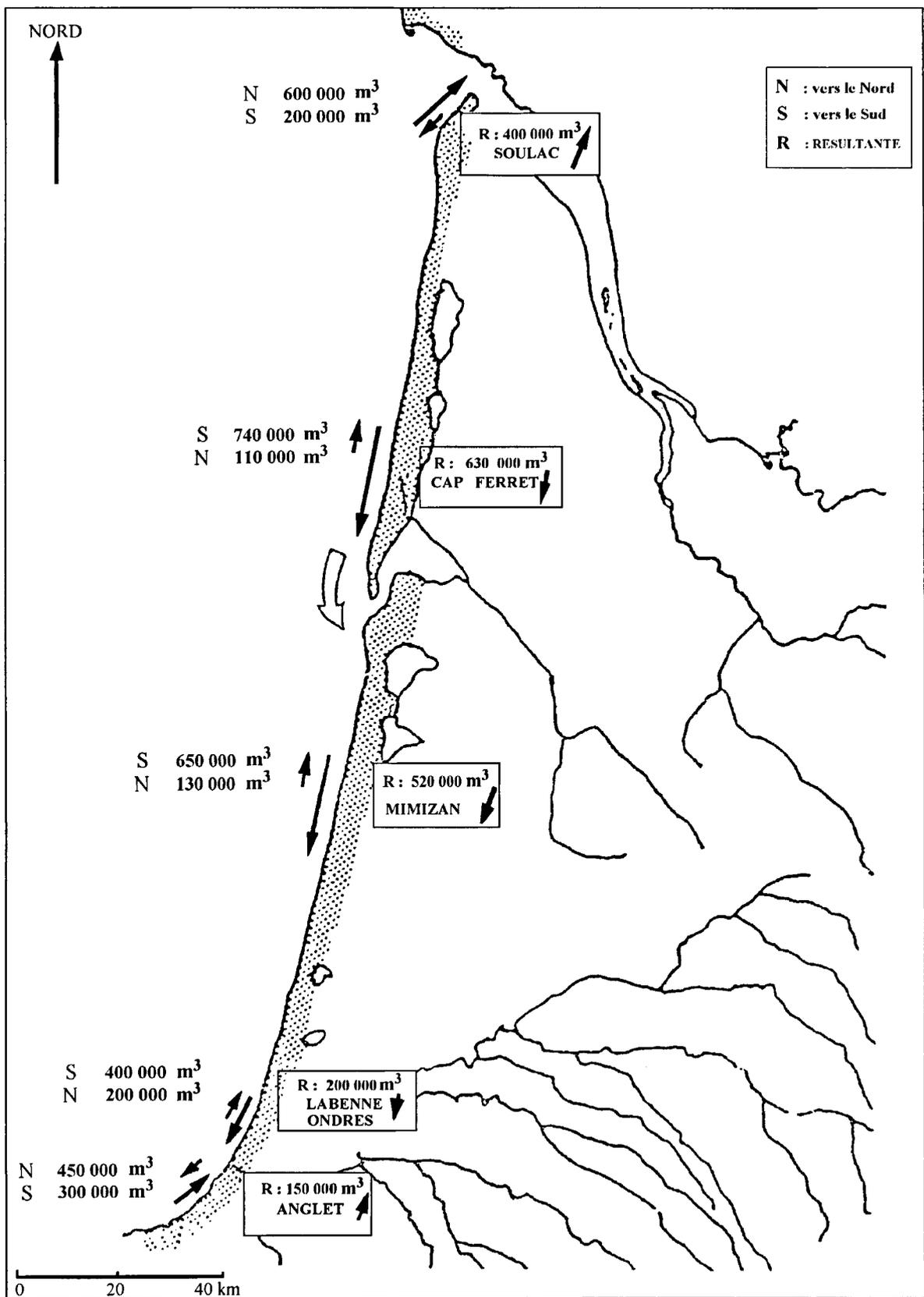


Figure 10 : Importance du transit sur le littoral Aquitain (PENIN, 1980)

### *Le transit sédimentaire semble fractionné*

De plus, LORIN (*in* LCHF, 1979) a mis en évidence l'existence de "wagons sédimentaires qui sont des accumulations de sables migrant vers le Sud. Leur passage, en diminuant considérablement les profondeurs proches des plages, pose différents problèmes d'aménagement ; malheureusement, il n'a pas été encore possible jusqu'ici d'en dater avec précision l'arrivée."

"L'apparition de ces wagons pourrait être liée aux périodes d'activité solaire qui sont fondamentalement de 11, 45 et 85 ans environ ; elles régiraient la force des tempêtes et des crues qui traduisent, tout compte fait, l'importance des énergies solaires captées par la terre" (LCHF, 1985). Cette interprétation s'appuie sur des irrégularités morphologiques du linéaire de côte examinées plus loin (3.1.4.)

### *Recherches en cours*

La confrontation des données de transport sableux résiduel (mesurées par traçage fluorescent) avec les données hydrodynamiques (mesures des courants dans la colonne d'eau par courantomètres électromagnétiques) a été faite grâce à la collaboration des équipes côtières des Universités de Southampton et de Plymouth.

Il en ressort que le transport des sédiments se fait en suspension dans les premiers centimètres au-dessus du fond, sous forme de vortex qui se forment au niveau des crêtes de rides. Ces vortex sont transportés vers la côte par advection horizontale sous l'effet des courants induits par le déferlement des vagues.

En outre, la modélisation des champs de courant (équipe MASTER) permet de rendre compte de la mise en suspension du sédiment par la turbulence du déferlement et le transport par les courants associés à la dissipation de l'énergie des vagues après l'impact.

Du point de vue quantitatif, aucune corrélation n'est encore possible entre la dynamique sédimentaire résiduelle et la dynamique instantanée de l'eau (VOULGARIS *et al.*, 1996).

Cette étude pionnière a permis de certifier **que l'effet hydrodynamique n'est pas directement cumulable de façon linéaire** et pointer les lacunes dans les connaissances actuelles des processus en zone intertidale. Des hypothèses de travail ont aussi été proposées pour de futures expérimentations.

"En ce qui concerne la **zone intertidale de La Salie** (MICHEL et HOWA, 1995) les premiers résultats (de traçages fluorescents) montrent que, par période de mauvais temps, l'épaisseur de remaniement est supérieure à 30 cm et les vitesses de déplacement des sables dépassent 500 m par marée dans la direction parallèle à la côte, vers le S. La quantification n'a pu être faite à cause de l'ampleur du phénomène qui induit une trop grande dilution du traceur.

En période de beau temps, l'épaisseur du remaniement varie de 6 à 15 cm et les déplacements sont obliques à la côte avec une composante longshore de vitesse de 12 m par marée, le volume déplacé étant de 1,1 m<sup>3</sup> par mètre de plage et par jour.

L'intégration de toutes les informations concernant le processus de dérive littorale à La Salie, a permis d'avancer une approximation fiable du débit résultant annuel transporté vers le Sud (400 000 m<sup>3</sup>). Les résultats en terme de volume de sédiments déplacés et de direction de déplacement sont en accord avec les observations de figures sédimentaires et les variations morphologiques des différents systèmes étudiés (BUAT-MENARD *et al.*, 1996 a).

Les recherches menées par l'Université (*ibid.*) visent à généraliser les résultats :

"En se basant sur les résultats issus de **nos différents ateliers**, on peut caractériser un environnement donné soumis à un type de temps particulier, par une formule spécifique de transport sédimentaire. **En particulier, nous avons pu cerner les domaines de validité des différents modèles de transport par dérive littorale.**"

Deux types principaux en découlent (BUAT-MENARD *et al.*, 1996 b)

- **Le contexte océanique franc (type côte aquitaine)**
- **Les zones d'embouchures (Gironde, Bassin d'Arcachon)**

C'est dans les zones d'embouchures que l'influence de la houle est la plus complexe : dans les passes d'Arcachon par exemple, "à la migration des bancs induite par la dérive littorale, s'ajoute une action directe contribuant à éroder et à remanier ces bancs" (CAYOCCA, 1996).

**En domaine subtidal**, les flux sédimentaires sont estimés à partir de l'analyse des figures sédimentaires au **sonar à balayage latéral** (BUAT-MENARD *et al.*, 1996 b).

### 3.1.3. Transport par le courant de marée

Ces processus existent dans les chenaux d'embouchures (principalement Gironde, Bassin d'Arcachon et Adour) où la vitesse de courant dépasse couramment 1 m/s.

Leur effet, prépondérant sur les côtes abritées, est complémentaire de celui de la houle sur les côtes de Soulac, Pointe du Cap Ferret, Pyla-Pointe d'Arcachon.

### 3.1.4. Formes résultantes

L'identification des processus de dynamique sédimentaire par examen des faciès est une des méthodes les plus classiques de la géomorphologie appliquée.

L'étude des **formes du relief** (barres, dunes hydrauliques...) renseigne sur les forces instantanées ou résultantes responsables de leur modelage.

L'examen de la **répartition granulométrique** permet de mettre en évidence un certain nombre de phénomènes dus au triage sous les actions hydrodynamiques de la houle et des courants et de présumer des conditions de transport et de dépôt des matériaux.

### *Typologie des profils en travers*

Pour DUPLANTIER (1976), les profils illustrent une relation dynamique dune-plage, car "l'altitude de la dune littorale est en partie tributaire du stock sableux **éolisable** disponible sur l'estran et la haute plage. A une dune basse pourrait correspondre ainsi une plage plutôt soumise à l'érosion marine, dans le cadre de son évolution dynamique à long terme. Inversement, à une dune plus haute correspondrait une plage qui est davantage le siège d'une accumulation sableuse. Il est donc possible en première hypothèse de délimiter sommairement des zones d'érosion et des zones d'accumulation qui alternent le long du littoral".

L'examen des profils en travers permet "d'opposer les profils plats du Bas-Médoc aux profils à crêtes et sillons du Centre (dès le Sud de Montalivet) et du Sud du littoral. Ces différences s'expliquent par le fait que dans le secteur d'érosion et de transit intense Nord-Sud du Médoc, le sable est beaucoup plus abondant dans le Sud que dans le Nord" (PRENANT, 1968).

BUFFAULT (1930) remarquait déjà que dans le centre de la côte où les dunes sont les plus volumineuses, la côte est aussi la plus stable.

### *Barres et Baïnes*

La compréhension de la signification dynamique des formes de barres et de baïnes semble remonter aux observations effectuées dans l'immédiat après guerre (GUILCHER *et al.*, 1952) dans le secteur de Mimizan.

PRENANT(1968) explique que "l'alternance des secteurs d'érosion et des secteurs de stabilité d'orientation différente (du linéaire de côte) est liée à la position de l'enracinement des crêtes intertidales, protégeant les promontoires, en aval desquels, vers le Sud, s'exerce une érosion convergente maximale. Ainsi, la migration des crêtes et sillons intertidaux et sublittoraux détermine-t-elle la migration simultanée, du Nord au sud, des promontoires et des secteurs d'érosion." C'est à cette dernière catégorie que s'apparentent semble-t-il les "coups de cuillère", excavations lentiforme creusées dans la dune littorale par des "coups d'érosion" (O.N.F.).

L'échelle de ces secteurs alternatifs est d'ordre kilométrique.

L'analyse statistique de la granulométrie (PEDREROS *et al.*, 1996) a permis de "proposer des modèles conceptuels de transport sédimentaire dans la **zone barre-baïne** en fonction des conditions hydrodynamiques.

L'examen morphologique d'**irrégularités** de grande longueur (25 à 50 km) **du profil en long** de la côte sans rapport avec le contexte structural, a conduit LORIN à concevoir la notion de "wagons sédimentaires" (LCHF, 1985) définis plus haut.

### **3.2. BILANS SEDIMENTAIRES**

La recherche des causes du recul du trait de côte amène à s'intéresser au stock sédimentaire disponible sur l'ensemble du "prisme littoral". Bien qu'il soit "impossible de faire un bilan rigoureux du fait de l'absence de levés hydrographiques (répétitifs) sur l'ensemble des fonds marins de la zone étudiée" (L.C.H.F., 1987), certaines notions peuvent être présentées .

#### ***Inégale répartition du stock***

PRENANT (1968) distingue, de part et d'autre des passes du Bassin d'Arcachon, deux systèmes (gironдин et landais) constitués chacun :

- d'une "réserve majeure de matériaux" (respectivement, l'anse du Gulp et l'anse du Trincat),
- d'un long secteur de transfert où alternent dans le temps les phases d'ablation et de dépôt,
- d'une zone de fixation partielle (respectivement côte Ouest du Ferret et côte du Vieux-Boucau).

De part et d'autre des passes, le processus de transfert des sables reste sensiblement le même".

D'une manière générale, il semble vraisemblable que l'accumulation dans le Centre-Sud (Landes) des apports sédimentaires par la dérive littorale, ralentit à cet endroit le recul de la côte jusqu'au secteur de Capbreton où une perte se produit dans le Gouf.

#### ***Evolution globale du stock***

Pour BARTET et BARRERE (1991), "l'élévation du niveau marin, de l'ordre du millimètre par an, n'est qu'un élément très partiel d'explication (de l'érosion du littoral), même à l'échelle séculaire. L'essentiel tient, à la fin de la grande transgression holocène, à l'épuisement des stocks sableux mobilisables sur la plate-forme continentale".

Cette conclusion est en accord avec les observations les plus récentes faites sur le plateau quant à la faible épaisseur de la couverture sableuse (de l'ordre du mètre) sur le substrat graveleux pliocène (CIRAC, 1997), épaisseur très inférieure à celle que l'on trouve en domaine continental limitrophe.

La série de recherches menée par l'Université de Bordeaux sur la plate-forme aquitaine a eu d'abord pour but de différencier les apports actuels des sédiments reliques (LE

CALVEZ et BERTHOIS , 1959 ; BERTHOIS *et al.*, 1965 ; LAPIERRE, 1970 ; CASTAING *et al.*, 1972 ; GENSOUS, 1971 ; CARALP *et al.*, 1971 ; ALLEN, CASTAING, 1977 ).

La mise en oeuvre de moyens nouveaux (sonar latéral, sondeurs de sédiments et carottiers conservant les structures) permirent ensuite de montrer l'action des facteurs hydrodynamiques sur la couche superficielle du plateau (TURCQ, 1984 ; COLLOTTE, 1985 ; ARBOUILLE, 1987).

Ces travaux, ainsi que des résultats obtenus à l'étranger, ont été synthétisés par CIRAC (1997) : "les dépôts de la formation superficielle comprennent une superposition de séquences élémentaires attribuées à des événements paroxysmaux de type tempête) (...) les séquences (...) **les plus épaisses se rencontrent sur le domaine interne et plus particulièrement sur ou à proximité immédiate du prisme littoral.** Elles vont en diminuant d'épaisseur vers le large. Ceci apparaît clairement lorsque on analyse l'évolution du taux de sédimentation en fonction de la bathymétrie : les plus forts taux entre - 20 et - 50 m correspondent aux âges les plus récents (moins de 4 000 ans B.P). Par contre, à partir de -60 m les taux sont faibles et correspondent à des âges supérieurs à 5 000 ans B.P. Cette différence a vraisemblablement pour origine le fait que, sur le plateau interne, on se situe à proximité immédiate de la zone source, en l'occurrence la plage érodée par les tempêtes. Ainsi ARBOUILLE (1987) distingue-t-il un domaine proximal (de -10 à -30 m) où se déposeraient les matériaux érodés sur le littoral puis transportés par les courants de retour sur le fond, et un domaine distal à forts remaniements et faibles apports" (*ibid.*) et ARBOUILLE (1987) (Phase 6 : de 5000 ans B.P. à l'actuel).

Pour notre problématique, il ressort de ces travaux que :

- **Les seuls apports sédimentaires au plateau proviennent de l'érosion du littoral.**
- **Les phénomènes sédimentaires importants se limitent aux fonds inférieurs à 30 m.**

Ce zonage transversal lié à la bathymétrie, bien que cela ne soit pas précisé, est probablement applicable au secteur Sud aquitaine.

### **3.3. MODELES DE SIMULATIONS**

Ce chapitre présente les modélisations réalisées sur la Côte aquitaine.

#### **3.3.1. Modèle physique**

**Le modèle réduit physique du LCHF** reproduit le fonctionnement hydrosédimentaire des passes, simule les effets des aménagements et cherche à en prévoir le devenir. Ses caractéristiques sont les suivantes :

### **Modèle des passes d'Arcachon (LCHF, 1973a)**

- Rapports : Mars 1973.
- Réalisation : P. GIRARD, C. ORGERON, P. VIGOT, Laboratoire Central Hydraulique de France, Maisons-Alfort.
- Type : modèle réduit à l'échelle 1/850 pour les longueurs et 1/150 pour les hauteurs.
- Emprise : Ensemble du Bassin, les zones Est et Nord-Est étant schématisées en amont d'Eyrac et de Piquey.
- Côte : Limite Nord : 44°43'00" N, Truc-Vert (4,5 nautiques Nord du phare).
- Limite Sud : 44°28'00"N, Pointe d'Arcachon (6,8 nautiques Sud du phare).
- Limite Ouest : 1°24'00" Ouest (9 nautiques Ouest du phare).

Objectif : Le modèle cherche à reproduire des phénomènes hydrauliques purs (propagation des houles ou de l'onde marée, écoulement dans les chenaux) et des phénomènes sédimentologiques de diverses natures (charriage dans un courant non-uniforme non-permanent et entraînement sous l'action de la houle).

Conditions des essais : Pour les besoins des études sédimentologiques des passes, une partie des fonds du modèle est à "fonds mobiles". Les essais de référence, c'est à dire dans les conditions morpho-bathymétriques de 1968, ont porté sur 260 marées, en coefficient constant voisin de 100. Des houles d'Ouest à Ouest Nord-Ouest de différentes amplitudes sont appliquées et l'on a alimenté simultanément la dérive littorale sédimentaire au Nord du Cap Ferret. L'expérimentation des divers aménagements a été menée dans les mêmes conditions. Une application spécifique a été réalisée pour le secteur de l'émissaire Sud du Bassin d'Arcachon (LCHF, 1972).

### **Modèle du Littoral d'Anglet (1975)**

La Préfecture des Pyrénées atlantiques, la Ville d'Anglet et la Direction Départementale de l'Équipement ont confié au L.C.H.F. la réalisation de cette étude.

- Rapport 1975.
- Réalisation : G. CAIVEAU et C. MIGNIOT.
- Type : modèle réduit physique  $l = 1/200$ ,  $h = 1/75$ .
- Emprise : le littoral de la Pointe St Martin à l'Embouchure de l'Adour.
- Superficie : 800 m<sup>2</sup>
- Bathymétrie : partie Nord levée en 1971, partie Sud en 1973.
- Spécifications : Générateur de houle complexe, entièrement programmé, permettant de reproduire sans interruption les alternances d'amplitudes, périodes, direction et forme des "trains de vagues" que l'on observe au cours d'une année moyenne. La marée est reproduite avec ses variations de coefficients ainsi que les courants relevés en nature. Une schématisation du cours inférieur de l'Adour permettait l'introduction et la sortie des eaux en flot et en jusant.

Objectif : Prévoir l'avenir de la côte d'Anglet et rechercher les solutions de protection du littoral.

Conditions : Etalonnage sur les conditions aux limites mesurées en nature aux frontières extérieures ouvertes.

### 3.3.2. Formulation empirique du transport sédimentaire

Le LCHF (1969), pour la mise au point de son modèle hydrosédimentaire, a choisi parmi les formules de transport disponibles :

- pour le **transport littoral**, la formule générale de LARRAS  $g_s = (Kg / C) H^2.T.f$  ( $\alpha$ ) où  $g_s$  est le flux volumique en  $m^3/s$  de sable transporté par une houle de hauteur H (en m) et de période T (en seconde) présentant par fonds de 20 m une obliquité  $\alpha$  avec la ligne de rivage. L'expression Kg/C qui représente les possibilités de transport du sable est voisine de  $10^{-3}$  pour les houles de la côte Aquitaine ;

- pour le **transport solide dans les chenaux** soumis à un courant unidirectionnel, une formulation simplifiée de MEYER-PETER a été utilisée.

Les zones d'érosion et de sédimentation sont donc modélisables à partir des champs de courants et "il est (a été) possible de vérifier la validité du cycle expérimental susceptible de permettre la reproduction des phénomènes généraux observés en nature" (LCHF, 1973a).

### 3.3.3. Modèles numériques hydrodynamiques et morphologiques

Les modèles hydrodynamiques permettent de calculer les champs de courant et de houle qui caractérisent un environnement côtier. Ces modèles existent déjà pour les processus à grande échelle (circulation sur le plateau continental ou en zone d'embouchure).

#### Modèle des passes du Bassin d'Arcachon (SOGREAH, 1991)

Le Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon (SIBA) a confié à SOGREAH la réalisation de cette étude.

- Rapport 1991.
- Réalisation :
- Type : 2 D : Courant : CYTHERE ES1, Convection-diffusion : ARGOS.
- Emprise : Extérieur du Bassin d'Arcachon et Passes d'entrée.
- Limite Nord :  $44^{\circ} 46'00''$  Nord, 6 nautiques Nord du phare.
- Limite Sud :  $44^{\circ}26'00''$  Nord Biscarrosse-Plage (12 nautiques Sud du phare).
- Limite Ouest :  $1^{\circ}29' 00''$  Ouest (13,5 nautiques à l'Ouest du phare).
- Limite Est :  $1^{\circ}06' 00''$  Ouest Gujan-Mestras (9 nautiques Est du phare).
- Bathymétrie du plateau continental (SHOM).
- Bathymétrie composite des passes (SMNG, 1972-1991).
- Maille de calcul : de l'ordre de 300 m au débouché des passes.

Objectif : Apprécier les effets de l'évolution des passes sur la dispersion des effluents de La Salie, notamment les conditions de remontée de cette tache vers les passes du Bassin.

Conditions : Les conditions aux limites aux frontières extérieures ouvertes ont été reprises du modèle général du Golfe de Gascogne. Le Bassin d'Arcachon, au Nord de Bélisaire, a été schématisé par un Bassin de vidange et de remplissage permettant de respecter le volume oscillant à travers une section Est-Ouest passant approximativement par Bélisaire.

### **Modèle du Bassin d'Arcachon (IFREMER, 1995)**

Réalisé dans le cadre de l'Etude intégrée du Bassin d'Arcachon.

- Rapport 1995.
- Réalisation : J-C. SALOMON, J-L. MAUVAIS, M. BRETON, Centre de Brest, Laboratoire DEL/HS.
- Type : 2 D.
- Emprise : Bassin, Passes et Plateau.
- Limite Nord : 44°46'44" N Grand-Crohot (Lège) 9,4 nautiques Nord du phare.
- Limite Sud : 44°27'52" N limite département des Landes (Trencat) 9,4 nautiques Sud du phare.
- Limite Ouest : 1°22' 24" W (5,3 nautiques du phare).
- Limite Est : 1°00'55" W (10 nautiques du phare : Biganos, port des Tuiles).
- Bathymétrie du Plateau continental (SHOM).
- Bathymétrie des passes (SMNG, 1991-1993).
- Nouvelle bathymétrie du Bassin intérieur 1993 (L'YAVANC, 1995).
- Maille de calcul : 250 m.

Objectif : Le modèle mathématique du Bassin d'Arcachon est un modèle opérationnel de type bidimensionnel. Il a été conçu comme un outil de gestion plus que de recherche. Il peut être utilisé sans le recours à des experts en modélisation et fonctionne sur un ordinateur local, de performances moyennes. Il n'appartient pas à la dernière génération des modèles de recherche (modèles fins - modèles tridimensionnels) mais il est suffisant pour fournir une description synthétique de la plupart des mécanismes physiques du Bassin. On l'utilisera ici pour apporter une vision complémentaire des mesures, plus complète et plus homogène, mais parfois aussi biaisée par les hypothèses simplificatrices du calcul, qu'il faudra garder à l'esprit.

Conditions des essais : Le modèle est activé à partir des conditions aux limites de niveau et de vitesse issues de modèles d'approche, selon la technique des modèles gigognes. Le premier de ces modèles recouvre tout le plateau continental du Golfe de Gascogne entre les latitudes 43°30' et 49°00'. Sa grande emprise permet notamment de calculer les effets du vent, en tenant compte de la pente de la surface à grande échelle.

THAURONT (1994) a utilisé les résultats du modèle hydrodynamique IFREMER pour calculer les "débits sédimentaires" dans les passes intérieures du Bassin d'Arcachon.

### **Modèles de houle proposés par les météorologues**

Les modèles D.S.A. 2 (1956) et D.S.A. 5 (1970) sont couramment utilisés pour le calcul de la houle ; ils ont donné toute satisfaction, en exploitation courante, leur degré de réussite étant directement lié à une bonne connaissance des champs de vent (VASSAL, 1980).

Depuis lors, l'augmentation de la puissance des ordinateurs en même temps que les progrès dans la connaissance physique de la houle ont conduit au développement des modèles de "troisième génération" (WAM) qui ont permis l'étude des changements de climat de houle sur l'Atlantique Nord.

**Modèle numérique morpho-sédimentaire des passes**  
(Université de Bordeaux I - IFREMER)

La nécessité d'obtenir un champ de courants de houle détaillé aux abords des bancs (des passes) a conduit CAYOCCA (1996) à utiliser un modèle plus perfectionné (modèle HISWA).

CAYOCCA (1996) a mis au point, pour la première fois, un modèle couplé qui permet d'estimer les transports de sable dus aux courants de marée (modèle hydrodynamique IFREMER) et de houle (dérive littorale obtenue par modèle de réfraction HISWA ou formule LCHF), tandis qu'un modèle morphodynamique modifie la topographie en conséquence. L'action érosive directe de la houle à la côte et sur les bancs n'est pas prise en compte.

Une difficulté concerne la **prise en compte des événements climatiques.**

Les modifications à long terme résultent de la succession de phénomènes physiques répétitifs d'échelle de temps courte (marée, condition de houle).

Si l'on considère une (plus) grande échelle spatiale (la configuration générale des passes du Bassin ou le trait de côte aquitain par exemple), l'échelle temporelle de l'évolution est de l'ordre de plusieurs années ou décennies. Les événements "violents" de courte durée peuvent alors être considérés comme du bruit : la plage détruite par la tempête d'hiver sera reconstituée lors des périodes calmes estivales.

C'est pourquoi, bien que la chronologie des événements climatiques soit importante pour les évolutions morphologiques, il serait inconcevable aujourd'hui d'en introduire une représentation au sein d'un modèle morphodynamique à moyen ou long terme (coût de calcul considérable).

Un des problèmes principaux rencontrés est celui des **calculs à long terme** pour lesquels des solutions ont été proposées :

Une première schématisation consiste à réduire le nombre de situations naturelles à représenter en déterminant des conditions représentatives du cycle annuel (marée, houle).

Le découplage entre modèle hydrodynamique et modèle morphologique permet d'effectuer deux schématisations supplémentaires :

- une schématisation des perturbations de l'écoulement dues aux modifications topographiques,
- une augmentation du pas de temps morphologique représentatif de la durée nécessaire pour que l'évolution des fonds soit significative (en général - pour les passes du Bassin - plusieurs marées).

Les techniques de calcul à long terme consistent principalement à augmenter le pas de temps morphologique et à définir une méthode permettant de ne pas reconduire le calcul hydrodynamique après chaque modification de la topographie.

Les simulations par **modèles couplés** reproduisent les tendances générales d'évolution, les détails variant d'une formule à l'autre" (*ibid.*).

### 3.3.4. Eléments de perspectives

Les modèles hydrodynamiques permettent de calculer les champs de courant et de houle qui caractérisent un environnement côtier. Ces modèles existent déjà pour les processus à grande échelle (circulation sur le plateau continental ou en zone d'embouchure). En zone plus restreinte (circulation autour d'un banc, en zone intertidale), ces modèles sont encore imparfaits.

Pour l'instant il faut convenir que "les modèles de dynamique sédimentaire et de morphodynamique sont rares et nécessitent d'être étalonnés dans l'environnement étudié. L'amélioration de ces deux types de modèles nécessite de poursuivre ou de mettre en place des collaborations avec des équipes de modélisation.

La confrontation des calculs théoriques avec les séries de données à long terme permettra de progresser suivant deux axes : d'une part la modélisation des courants en zone côtière (génération de courants par la houle et son déferlement, effet de la topographie littorale sur les champs de courant), et d'autre part la quantification des transports sédimentaires associés à ces courants." (BUAT-MENARD *et al.*, 1996 b).

**Les perspectives d'études** envisagées par l'Université (BUAT-MENARD *et al.*, 1996 b), indiquent que "l'accent sera mis sur des études intensives de la morphologie des bancs sableux en zone subtidale (plage sous-marine) à intertidale (plage *sensu stricto*). L'acquisition de séries de données suffisamment fournies et représentatives du processus étudié est à organiser de façon systématique (...). Ces séries répétitives de données font partie d'un réseau d'observation indispensable pour évaluer les variabilités spatiale et temporelle des processus côtiers.

## CONCLUSION GENERALE

Le bilan des connaissances sur l'évolution du trait de côte a été effectué à partir de 200 références bibliographiques pertinentes dont les rapports de synthèse disponibles pour l'ensemble de la côte aquitaine (L.C.H.F, 1979, 1982 et 1987) et pour le littoral de la Gironde seulement (SOTTOLICHIO, 1995 ; SOGREA - LARAG, 1995).

Trois siècles de cartes ont permis de suivre les changements de la côte auxquels quelques grands aménagements ont participé :

- Au XVIème siècle
  - percement de l'embouchure de l'Adour à Boucau-Neuf (1578)
- Au XVIIIème siècle,
  - Premières cartes géométriques couvrant toute la côte.
  - Premiers essais de fixation des dunes.
- Au XIXème siècle : grands travaux d'ensemble
  - Levé hydrographique moderne (Beautemps-Beaupré).
  - Fixation du cordon littoral dunaire (Brémontier).
- Au XXème siècle :
  - Au début, éclosion de publications scientifiques (histoire, géographie...) sur la morphogénèse de la côte.
  - Dans les années 1930, le Port de Bordeaux défend la côte de Soulac.
  - Après guerre, L'O.N.F. relance le contrôle du cordon littoral.
  - Dans les années 1960 paraît la nouvelle Carte au 1/25 000.
  - La M.I.A.C.A. lance d'importantes études entre 1978 et 1985.
  - De nombreux résultats de travaux universitaires sont publiés.

**Les conclusions sur l'évolution du littoral aquitain** en 150 à 200 ans ont été présentées il y a dix ans par le L.C.H.F. (1987).

- "le recul est le plus faible dans la partie centrale entre Le Porge et Moliets (1 m à 0,5 m /an) et même inférieur à 0,5 m/an dans la zone de Saint-Girons.
- il est maximal aux limites Nord et Sud : 2 m/an et plus dans les zones de Soulac et de l'Adour (avant que le littoral ne soit défendu).
- il est compris entre 1 et 2 m sur le reste du littoral.

Des évolutions de fonds et littoraux, qui peuvent être importantes, concernent des zones telles que l'estuaire de la Gironde et les passes d'Arcachon. Il s'agit de processus liés à des déplacements de bancs et de chenaux.

D'autres évolutions locales sont en relation avec les accumulations sur la face nord de la majorité des ouvrages d'endiguement des débouchés.

A ces évolutions à long et moyen termes (plusieurs dizaines d'années, quelques années) s'ajoutent celles à court terme (une saison, une année) et très court terme (quelques jours et moins) qui dépendent des conditions océanographiques saisonnières moyennes ou des tempêtes."

Ces conclusions n'ont pas été remises en cause par les synthèses plus récentes. Mais on constate :

- que ces synthèses ne traitent que de la Gironde.

- qu'il existe quelques hiatus importants dans les observations : les données sur l'évolution du trait de côte restent fragmentaires, notamment entre 1985 et 1990, sauf dans le Nord-Médoc, et totalement absentes sur une grande partie de la Gironde et des Landes.

- que des difficultés réelles d'obtention et de vérification des données subsistent. Pour effectuer une reconstitution de l'évolution on manque souvent d'indications sur :

\* les références utilisées dans les études, articles, synthèses,

\* les méthodes employées pour la localisation, les mesures

\* les repères de terrain ayant servi aux mesures de profils de plage ou de dune.

Le travail effectué par l'O.N.F. de mise en cohérence de ses profils 1990, 1992, et 1995 dans les référentiels Lambert et N.G.F. est, à cet égard, fondamental.

Une série de recherches menées par l'Université de Bordeaux sur **la plate-forme aquitaine** a été synthétisée par CIRAC (1997) ; il ressort que, d'une part, les seuls apports sédimentaires au plateau proviennent de l'érosion du littoral et que, d'autre part, les phénomènes sédimentaires importants se limitent aux fonds inférieurs à 30 m.

**Le besoin des aménageurs de prévoir** engage à l'étude des processus et à leur modélisation.

D'une manière générale le trait de côte recule comme nous l'avons vu, mais de manière inégale et l'on peut se demander pourquoi.

Certaines causes sont connues : ainsi, il y a seulement quatre ou cinq siècles, la côte de Gascogne était, sans doute, échancrée de nombreuses baies et estuaires ; ce n'est qu'à partir du XVII<sup>ème</sup> siècle, avec le paroxysme d'envahissement dunaire, que ces estuaires se sont ensablés entraînant un phénomène de régularisation généralisée de la côte. Cette régularisation se poursuit sous nos yeux.

Les nécessités portuaires et de défense de certaines portions de côte urbanisée, en dérégulant le travail naturel de régularisation, ont accéléré l'érosion à proximité.

Les études détaillées qui ont porté sur ces zones critiques (Gironde, Arcachon, Adour) ont permis de mieux cerner les mécanismes et de les contrôler lorsque les moyens engagés étaient proportionnés aux enjeux (Gironde, Adour).

Mais il reste des hypothèses à vérifier, notamment sur les secteurs de côtes océaniques franches où des fluctuations de la ligne de rivage plus ou moins aléatoires sont constatées.

La poursuite des recherches sur le plateau peut donner des clefs sur l'évolution des stocks sédimentaires qui participent à la tenue de la côte.

La recherche s'investit aussi dans la modélisation des transports sédimentaires. De même, l'intégration de divers types de modèles se précise.

L'obtention de champs de houle mesurés par radar satellitaires ouvre des possibilités nouvelles d'application à une échelle côtière.

Il est permis de penser que les progrès simultanés des suivis et des modèles vont apporter une meilleure compréhension de ce littoral, permettant de mieux composer avec son inéluctable évolution.

#### **4. PROGRAMME IFREMER 1998**

Dans le cadre du Plan Etat-Région, la convention établie entre la Région Aquitaine et le groupe BRGM - IFREMER en vue de l'"Elaboration d'un outil d'aide à la gestion prévisionnelle de la Côte Aquitaine", prévoit la poursuite des travaux en 1998 et 1999.

Lors de la présentation des résultats obtenus en 1997 qui sont l'objet des présents rapports, le BRGM et l'IFREMER, chacun pour ce qui le concerne, ont présenté au Comité de Pilotage réuni le 24 novembre 1997, le contenu du programme qu'ils comptaient mettre en oeuvre.

IFREMER prévoit en 1998 une phase de mise à jour des données cartographiques sur l'évolution du trait de côte et de mise au point de l'outil informatique de représentation, comportant les actions suivantes :

- Levé du trait de côte 1998 par bathymétrie intertidale au DGPS.
- Numérisation des données, comparaison bathymétrique.
- Construction du SIG (Atlas numérique et données complémentaires) sous ArcView.

## BIBLIOGRAPHIE

**ALLEN G.P., 1976.** Milieux et faciès sédimentaires de la côte nord aquitaine. Compagnie Française des Pétroles, Excursion Géologique 21-24 sept. 1976, livret 22 p., 17 fig., 8 photos.

**ALLEN et CASTAING, 1977.** Carte de répartition des sédiments superficiels sur le plateau continental du golfe de Gascogne. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, 21, 255-261.

**ALLEN G.P., FENIES H., HOWA H., CUIGNON R., 1986.** Environnements sédimentaires de la côte Aquitaine. TOTAL-CFP, rapport int., 79 p.

**AMINI M., 1979.** Etudes des processus dynamiques et de l'évolution sédimentaire sur la côte sableuse d'Aquitaine. Thèse d'Etat, Université de Bordeaux I, n°623, 390 p.

**ANONYME, 1968.** Etude physique et humaine de la Côte Aquitaine en vue de son aménagement. DATAR-OREAM Bx-Aquitaine, Univ. de Bx III, Dossier de 10 rapports + cartes.

**ANONYME, 1971.** L'aménagement de la côte Aquitaine. La documentation française illustrée, n°265-266, mars-avril 1971, 63 p.

**ARBOUILLE D., 1987.** La sédimentation de la plate-forme continentale nord-aquitaine au quaternaire terminal : un exemple de système transgressif. Thèse 3ème cycle n°2207, Univ. Bx I, 196 p.

**ASCENSIO N., DARCHEN J., DECONINCK D., DZIETARA S., KERLEAU C., 1987.** Eléments climatologiques concernant les côtes de la France métropolitaine. Ministère de l'Equipement, du Logement, de l'Aménagement du territoire et des Transports. Données et statistiques, 8, 101 p.

**ASTRE G., 1964.** Actions géologiques dans l'évolution des couches de la Pointe St Martin (phare de Biarritz). *Bull. C.E.R.S.*, 5, 2, 209-220.

**ASTRE G., 1964.** Actions littorales sur les plages basques. *Bull. C.E.R.S.*, 5, 1, 109-124.

**ASTRE G., 1964.** Modalités de l'érosion océanique sur les roches de l'Atalaye. *Bull. C.E.R.S.*, 5, 3, 347-364.

**ASTRE G., 1966.** Conditions de mouvements de terrain sur le front de la falaise des Basques à Biarritz. *Bull. C.E.R.S.*, 6, 2, 321-328.

**ASTRE G., 1968.** Niches cariantes dans la zone des embruns. *Bull. C.E.R.S.*, 7, 2, 125-139.

**ASTRE G., 1970.** Les failles du Rocher des Enfants à Biarritz. *Bull. C.E.R.S.*, 8, 4, 837-843.

**B.R.G.M., 1994.** Les ressources en eau souterraine de la côte Aquitaine. Actes Jour. Aquit. Littoral-Bordeaux-Aquaculture, 23 Mars 1994, 19-26.

**BABIN P., 1990.** Morphologie, sédimentologie et processus dynamiques des passes intérieures du Bassin d'Arcachon : un exemple d'évolution cyclique d'une communication lagune/océan. Thèse n°465, Univ. de Bordeaux I, 312 p., 122 fig., 7 pl.

**BAGNOLD R.A., 1941.** The physics of blown sand and desert dunes London : Methuen.

**BARRERE P., CASSOU-MOUNAT M., 1973.** Le schéma d'aménagement de la Côte Aquitaine. *R.G.P.S.O.*, 44, 2-3, 303-320.

**BARRERE P., DUPARC J.L., 1981.** Atlas des types de dunes littorales. O.N.F., Lab. Geogr. Phys. Appliquée, Univ. Bx. III, 22 cartes à 1/25 000 en 8 planches et 6 couleurs.

**BARRERE P., KOECHLIN J., 1980.** Evolution des rivages et du cordon dunaire littoral entre la Pointe de Grave et l'embouchure de l'Adour. *Trav. Lab. Géogr. phys. appliquée*, Univ. Bordeaux III, 4, 32-59.

**BARTET J-H., BARRERE P., 1991.** Traitement des dunes littorales, évolution et perspectives. *Rev. Forest. Fr.*, Hors série, 2, 203-212.

**BEAUTEMPS-BEAUPRE, 1926.** Carte particulière des côtes de France (Bassin d'Arcachon). B.N., Cartes et Plans, SH XIX°, Port. 58, div. 2, p. 9, éch. 1/48 000.

**BERNE S., ALLEN G.P., AUFFRET J.P., CHAMLEY H., DURAND J., WEBER O., 1989.** Essai de synthèse sur les dunes hydrauliques géantes tidales actuelles. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 8, 6, 1145-1160.

**BERNE S., AUGUSTIN J.M., BRAUD F., CHENE G., WALKER P., 1986.** Cartographie et interprétation de la dynamique sédimentaire des plates-formes continentales : amélioration de la technique d'observation par sonar latéral. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 8, 3, 81-90.

**BERTHOIS L., 1974.** Carte bathymétrique du Golfe de Gascogne à l'échelle du 1/ 500 000 à 46° de latitude Nord, 6 feuilles gd aigle. Publications du C.N.E.X.O.

**BERTHOIS L., BRENOT R., AILLOUD P., 1965.** Essai d'interprétation morphologique et tectoniques des levés bathymétriques exécutés dans la partie sud-est du Golfe de Gascogne. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 29 (3) : 321-343.

**BERTHOIS L., BRENOT R., 1980.** Evolution des connaissances bathymétriques dans le Golfe de Gascogne. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, 28, 181-196.

**BOELLMANN F., 1975.** Transits sédimentaires et évolution des embouchures sur le littoral aquitain (région de Mimizan, Landes). Thèse de 3ème Cycle, Université de Bx I, n°1217, 117 p.

**BOELLMANN F., CARBONEL P., TURON J.L., 1977.** Evolution historique d'un système estuarien (région de Mimizan, Landes, France). *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, 22, 179-188.

**BOUSCAU F., 1982.** Les origines du boisement des dunes littorales en Aquitaine. *Bull. Soc. Hist. Arch. Arcachon*, 34, 8-21.

**BRAUD F., 1986.** La dynamique sédimentaire à l'embouchure d'un estuaire, intérêt du sonar latéral à l'étude de la passe Sud Gironde. Thèse de 3ème cycle, Univ. Bordeaux I, 278 p.

**BRAUD F., BERNE S., WEBER O., 1985.** Carte morphosédimentaire de la passe Sud Gironde. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, 38, 49-55.

**BRESSOLIER C., 1984.** Bibliographie Analytique des Côtes de France.. Mémoire de l'E.P.H.E. n°37, 197 p., multigr., fig.

**BRICOUD V., FROIDEFOND J.-M., 1993.** La télédétection : un outil pour la bathymétrie côtière. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, 53, 199-207.

**BRUNEL, 1929.** Bassin d'Arcachon et Abords. Carte du Service Hydrographique de la Marine n°172.

**BUAT-MENARD P. et al., 1996 a.** URA-CNRS 197 - DGO - LOB - Prospective 1997-2000. Université de Bordeaux I, DGO-LOB, juillet 1996, rapport 153 p.

**BUAT-MENARD P., et al., 1996 b** - URA CNRS 197 - DGO - LOB - Rapport d'Activité 1992-1996. Université de Bordeaux /DGO/LOB, rapport juillet 96, 125 p.

**BUFFAULT P., 1908.** Le littoral de Gascogne. Communication au Congrès des Sociétés françaises de Géographie, Bordeaux, 1907, p.149-183.

**BUFFAULT P., 1929.** Variations récentes de la ligne de rivage océanique de Gascogne. Comité Trav. hist. scient., *Bull. Sect. Géogr.*, 44, 133-146.

**BUFFAULT P., 1930.** Modifications actuelles et anciennes du littoral de Gascogne. *Rev. Soc. Géogr. comm. Bordeaux*, 1, 1-33.

**BUFFAULT P., 1942.** Histoire des Dunes maritimes de la Gascogne. DELMAS, Bordeaux. 441 p.

**C.N.E.X.O., 1971.** Photocarte au 150.000è de l'embouchure de la Gironde et études associées : Bathymétrie, nature des fonds, occupation des sols, formations superficielles et dynamique des côtes. Rapport GT JcRmh n° 1571, 26 p.

**CAILLOT A., GOURLEZ P., MASSIAS J., QUESNEY M., SAUZAY G., 1976.** Etude de l'action de la houle sur les fonds marins - Bayonne. C.E.A./D.C.A./ S.A.R., Saclay.

**CARALP M., DUMON J-C., FRAPPA M., KLINGEBIEL A., LATOUCHE C., MARTIN G., MOYES J., MURAUOUR P., PRUD'HOMME R., VIGNEAUX M., 1971.** Contribution à la connaissance géophysique et géologique du Golfe de Gascogne, Bilan des travaux effectués du 1er octobre 1969 au 30 juin 1971. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, Numéro spécial, 142.

**CARRUESCO C., 1989.** Génèse et évolution de trois lagunes du littoral atlantique depuis l'holocène : Oualidia-Moulay Bou Salham (Maroc) et Arcachon (France). Thèse n°960, Université de Bordeaux I, 2 T., 485 p., Annexes.

**CARRUESCO C., ALVINERIE J., 1990.** Le Bassin d'Arcachon. Environnement lagunaire de la Côte Landaise en constante évolution. Actes Coll. Soc. Hist. Arch. Arcachon, Oct. 1990. p. 47-68.

**CASPARI E., BOUQUET DE LA GRYE A., 1864.** Bassin d'Arcachon levé en 1864-65 par MM. BOUQUET DE LA GRYE, Ing. Hydr. et CASPARI, S.-Ing. Dépôt des cartes et Plans de marine. 1866. B.N., cartes et plans. Cote : SH XIX° Port. 58, div.2, pièce 14'D et 14D, Carte 1/130 000.

**CASSOU-MOUNAT M., 1975.** La vie humaine sur le littoral des Landes de Gascogne. Thèse, Inst. de Géographie, Univ. de Bordeaux III : 3 T., 905 p + annexes cartes et croquis.

**CASTAING P., BARTHE X., BRAUD F., GIRARDOT J.P., JOUANNEAU J.-M., LE CANN B., PHILIPPS I., WEBER O., 1985.** Etablissement des sédiments océaniques par transfert de suspensions depuis le plateau continental. Rapport Scientifique de l'ATP CNRS "Géologie et géophysique des Océans", Bordeaux, Juillet 1985, 186 p.

**CASTAING P., CIRAC P., GENSOUS B., KLINGEBIEL A., 1972.** Caractérisation de sables dunaires fossiles sur le Plateau Continental du Golfe de Gascogne. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, 12 , 69-78.

**CASTAING P., HOWA H., 1985.** Erosion de la côte médocaine à l'embouchure de la Gironde. Etude des conditions naturelles. IGBA-Université de Bordeaux I, Contrat CNEXO-IGBA n°84/7528, rapport 42 p.

**CASTAING P., WEBER O., TASTET J.-P., 1979.** Etude de l'évolution de la plage à Lacanau-Océan. Syndicat mixte de la Z.A.C. de Lacanau, Contrat I.G.B.A. du 29-11-1977.

**CASTAING P., WEBER O., YOO H.R., 1980.** Etude par télédétection des zones côtières de la Charente et de l'Aquitaine. Contrat CNEXO 781891, 103 p.

**CAYOCCA F., 1996.** Modélisation morphodynamique d'une embouchure tidale : application aux passes d'entrée du Bassin d'Arcachon. Région Aquitaine-IFREMER, Thèse n°1579, Univ. de Bordeaux I, 419 p.

**CHERBONNIER J., DEDIEU P., FROIDEFOND J.-M., NEVIERE E., 1985.** Construction d'un piège à sable et mesure de transit éolien sur le littoral aquitain à La Salie (Gironde). Act. 1° Coll. Océan. Côtière, Bordomer, 1985, Ed. ADERMA, Bordeaux, p. 147-159.

**CIRAC P., 1997.** La couverture sédimentaire superficielle du plateau continental Nord-aquitain. Synthèse (sous-presse).

**CLOS-ARCEDUC A., 1980.** La formation du rivage des Landes. Actes 104<sup>e</sup> Congrès nat. Soc. sav., Bordeaux, 1979, Comité Trav. hist. scient., Sect. Géogr., p.157-170.

**COINCY H. De, 1907.** La carte générale des dunes du département des Landes. *Bull. Geogr. hist. descr.*, 2, 221-237.

**COINCY H. De, 1909.** Note sur les ateliers de semis des dunes de la Gironde. *Bull. Geogr. hist. descr.*, 2, 234-246.

**COLLOTTE P., 1985.** Le Plateau Central Nord-Aquitain, caractérisation morpho-sédimentaire et interprétation dynamique des dépôts holocènes. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle n°2069, Univ. de Bordeaux I, 277 p.

**CUIGNON R., 1981.** Contribution à l'étude de quelques ports de la côte landaise et basque. D.E.A., Univ. Bordeaux I.

**CUZACQ P., 1893.** Les Grandes Landes de Gascogne. Etudes Historiques et Géographiques. Imp. LAMAINIERE, Bayonne. 350 p.

**D.D.E. - 40, 1956.** Projet de reconstruction de la digue Sud à l'embouchure du courant de Contis. Commune de St-Julien-en-Born, plan général (sans cote ni repère), échelle 1/2 000.

**D.D.E. - 40, 1967.** Projet de construction d'une digue Nord à l'embouchure du courant de Contis. Département des Landes, plan général topographique nivelé NGF (sans repérage planimétrique), échelle 1/500.

**D.D.E. - 40, 1987.** Mimizan - Digue Sud. Département des Landes, plan général juil. 1985, topographie NGF, échelle 1/500.

**D.D.E. - 40, 1987.** Protection des rivages contre la mer - Recensement des ouvrages existants. Département des Landes, carte de localisation, juin 1987, sur fond IGN 1/100 000.

**DE RESSEGUIER A., FROIDEFOND J.-M., 1978.** Présentation d'une carte des affleurements rocheux sous-marins au sud de l'embouchure de la Gironde. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, 24, 119-124.

**DE RESSEGUIER A., FROIDEFOND J.-M., 1979.** Carte bathymétrique du proche-plateau du Cap Ferret. I.G.B.A., Mission Ebalia 1978-1979, échelle 1/50 000.

**DESPEYROUX J.L., 1984.** La végétation des dunes littorales du Golfe de Gascogne. Thèse Univ. Bordeaux III, Mémoires et documents du Laboratoire de Géographie Physique Appliquée, n°2, 160 p.

**DUFFART C., 1896.** Baie d'Anchise mentionnée sur les cartes du Golfe de Gascogne antérieures au XVIII<sup>ème</sup> siècle. *Bull. Soc. Géogr. comm. Bx*, 2, 13-15.

**DUFFART C., 1896.** Le Bassin d'Arcachon, géographie rétrospective du bassin, projets et essais d'amélioration des passes depuis un siècle, état actuel. Congrès des Sociétés Françaises de Géographie, Bordeaux, 3 août 1895, G. Gounouillou, 16 p.

**DUFFART C., 1899.** Origine des sables ayant contribué aux formations éoliennes quaternaires qui caractérisent le plateau landais et la côte de Gascogne. *Bull. Geogr. hist. descr.*, 2, 163-169.

**DUFFART C., 1905.** Etat actuel de la question des transformations anciennes et modernes du littoral gascon, de la formation récente et du comblement des lacs landais. Comité Trav. hist. scient. *Bull. Geogr. hist. descr.*, 2, 213-216.

**DUFFART C., 1908.** L'extension du Cap Ferret et l'instabilité des passes du Bassin d'Arcachon du XVIème siècle à la fin du XIXème siècle. Comité des travaux historiques et scientifiques, *Bull. Geogr. hist. descr.*, 2, 173-184.

**DUGAS F., 1966.** Etude du déplacement des sables sur la partie Nord du littoral des Landes. Thèse de 3ème Cycle, Géol. dyn., Fac Sci., Univ. de Paris, 77 p., annexes, 6 pl.

**DUGAS F., GLANGEAUD L., 1969.** Le mouvement des sables sur la partie nord du littoral des Landes de Gascogne. Expérience de traceurs luminescents. *Rev. Géogr. phys. Géol. dynam.*, 11, 4, 385-391.

**DUMAS Ph., 1988.** Apports de la télédétection au domaine côtier. D.E.A., Université de Bordeaux I, rapport.

**DUMONT L., 1822.** Plan général des dunes du Golfe de Gascogne comprises dans le département des Landes. Cartes réalisées pour les Ponts et Chaussées des Landes, échelle 1/20 000.

**DUPARC J.L., 1983.** La restauration des dunes littorales de Gascogne. Thèse Univ. Bordeaux III, *Mém. doc. Lab. Géogr. Physique Appliquée*, n°1, 260 p.

**DUPLANTIER F., 1976.** Etude sédimentologique de la zone cotière et du proche plateau continental de la région de Capbreton, paléogéographie et évolution actuelle. Thèse de Géologie marine, Université de Bx I, n°1329, 131 p.

**DUPLANTIER F., 1977.** Etude sédimentologique de la zone côtière et du proche plateau continental de la région de Cap Breton. Paléogéographie et évolution actuelle. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, 21, 87-114.

**DUPLANTIER F., FROIDEFOND J.-M., 1980.** Estimation du volume sédimentaire théorique remanié au cours de la transgression holocène sur le proche plateau continental de Bayonne-Capbreton. Congrès Géologique International, Paris, B.R.G.M.-Orléans, 461p.

**DUREGNE DE LAUNAGUET, 1897.** Dunes primitives et forêts antiques de la côte de Gascogne. *Bull. Soc. Géogr. comm. Bx.*, 7, 161-174.

**DUREGNE DE LAUNAGUET, 1902.** Contribution à l'étude des dunes. Dunes anciennes de Gascogne. *Actes Soc. linn. Bx*, 57, 1-15.

**DUVET C., 1964.** Note sur l'état climatologique de la mer dans le permis des Landes. ESSO-REP, Bègles.

**ELHAI H., PRENANT A., 1963.** Présence et extension d'un niveau marin littoral interglaciaire sur la côte du Médoc. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7, 5, 495-507.

**FABRE A., 1903.** Les galets des plages Gascognes. La pénéplaine Landaise. *Bull. Geogr. hist. descr.*, 2, 189-217.

**FABRE A., 1939.** Les terrains de revêtement du Médoc. E. DROUILLARD, Ed. Bordeaux., 344 p.

**FAUGERES J.C., 1989.** Hydrodynamique et structures sédimentaires. *In* Connaissance et gestion de la frange littorale et du proche plateau continental, e.s.d.r. Conseil de l'Europe (Editeur), 41-54.

**FAVENNEC J., 1994.** Gestion et protection de la dune et de la frange forestière en Aquitaine par l'Office National des Forêts. Actes Jour. Aquit. Littoral - Bordeaux-Aquaculture, 23 Mars 1994, 89-95.

**FAVENNEC J., BARRERE P., 1996.** Biodiversité et protection dunaire. Actes du Séminaire Programme européen LIFE/O.N.F., Bordeaux, 17-19 avril 1996, 311 p.

**FERAL A., 1985.** Etude de l'évolution du littoral de la presqu'île du Cap Ferret. P.A.B./S.M.N.G., rapport déc. 85.

**FERAL A., 1989.** Bassin d'Arcachon. Evolution du système côtier Presqu'île du Cap Ferret - Passes extérieures. P.A.B./S.M.N.G., rapport mars 89.

**FERAL A., 1992.** Le littoral aquitain - Des actions et expériences réalisées pour sa protection. Note établie pour la Conférence de MM.Chambolle et Vigneaux, CMV, 2-10-92, 12 p.

**FLIES J.-F., LABOURG P.J., 1977.** Les industries lithiques du littoral Atlantique. *Bull. Inst. Biol. marine Arcachon*, 29, 449-455.

**FROIDEFOND J.-M., 1982.** Processus d'évolution d'un littoral sableux au cours de l'holocène. Application au domaine aquitain. Présentation d'une méthode de géomorphologie dynamique et quantitative. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences, Université de Bordeaux I : 273 p.

**FROIDEFOND J.-M., CASTAING P., MIRMAND M., RUCH P., 1989.** Analyse du panache turbide de la Gironde (France) à partir des données radiométriques Spot. *In* Résumé des Communications du Congrès Limnologie - Océanographie, Marseille 26 - 29 Juin 1989.

**FROIDEFOND J.-M., LEGIGAN P., 1985.** La grande dune du Pyla et la progression des dunes sur le littoral aquitain. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, 38, 69-79.

**GASSIAT L., 1989.** Hydrodynamique et évolution sédimentaire d'un système lagune-flèche littorale. Le Bassin d'Arcachon et la flèche du Cap Ferret. Thèse n°382, Univ. Bordeaux I, 228 p.

**GENSOUS B., 1971.** Contribution à l'étude des sédiments meubles superficiels du plateau continental aquitain. Relations avec le régime hydraulique actuel. Thèse 3ème cycle, Géol. océanogr., Univ. Bordeaux I, 74 p.

**GENSOUS B., KLINGEBIEL A., 1972.** Etude comparée de la nature des fonds et du régime hydraulique sur le littoral girondin. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, 12, 173-179.

**GIRESSE P., 1987.** Les changements du niveau des océans vers la fin du quaternaire. Causes et conditions : essai de synthèse. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, 41, 7-18.

**GOURHANT J., 1977.** Les conditions nautiques du bassin d'Arcachon et l'évolution des rivages. Thèse Doctorat 3ème cycle Géographie, Université de Bx III, 224 p.

**GRANDJEAN C., 1896.** Les Landes et les dunes de Gascogne. *Bull. Soc. Géogr. comm. Bx*, 11, 289-313.

**GUILCHER A., 1952.** Forme de plage et houle sur le littoral des Landes de Gascogne. *R.G.P.S.O.*, 99-117.

**GUILCHER A., GODARD A., VISSEAUX E., 1952.** Les crêtes et sillons obliques de l'estran des landes de Gascogne. *Bull. C.O.E.C.*, 4, 151-157.

**GUMBEL E.J., 1958.** Statistics of extremes. Columbia University Press, New-York and London.

**HAUTREUX A., 1900.** La côte des Landes de Gascogne. *Bull. Soc. Géogr.*, 11, 337-342 463-483.

**HAUTREUX A., 1912.** Golfe de Gascogne. Les vents sur la côte landaise. *Bull. Stat. biol. Arcachon*, 14ème année, 7-16.

**HOWA H., 1985.** L'érosion du littoral du Nord-Médoc (Gironde). *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, 38, 57-68.

**HOWA H., 1987.** Le Littoral du Nord Médoc (Gironde). Evolution d'une côte sableuse en érosion. Thèse d'Etat n°146, Univ. Bordeaux I, 258 p.

**HOWA H., 1993.** Hydrodynamisme et flux sédimentaires dans un domaine d'embouchure *In* 4ème Congrès Français de Sédimentologie : Résumés. Publication ASF, Paris, 19, 181-182.

**I.G.N., 1950.** La nouvelle carte de France au 1/20 000 : son utilité, son exécution. Ministère des Travaux publics, des Transports et du Tourisme, 156 p.

**JOHNSON G., 1966.** Mise en Valeur de la Côte Aquitaine. Tome 3 : Etude des mouvements éoliens du sable dans la zone littorale et de moyens de protection contre l'ensablement. DATAR, OREAM Bx-Aquitaine Etude n°199, Rapport S.O.G.R.E.A.H., R. 9429, déc.1966. 23 p. + annexes.

**JOUANNEAU J.-M., 1974.** Etude sédimentologique d'un système côtier évolutif : la Pointe de la Coubre (Embouchure de la Gironde, France). Thèse 3ème Cycle n°1136, Univ. de Bordeaux I, 161 p., 85 fig.

**KLINGEBIEL A., 1990.** Réflexions sur les paramètres géologiques, océanologiques et paléoclimatiques de l'évolution historique de la côte aquitaine. *in* Actes Coll. Soc. Hist. Arch. Arcachon. Oct. 1990, p. 31-46.

**L'YAVANC J., 1995.** Evolutions bathymétrique et morphologique du Bassin d'Arcachon. Rapport interne IFREMER pour l'Etude Intégrée du Bassin d'Arcachon, 82 p. + cartes et annexes.

**L.C.H.F., 1959.** Avant-projet d'études des phénomènes d'ordre maritime et hydraulique du site de Capbreton-Hossegor. Rapport R.59 011.

**L.C.H.F., 1963.** Estuaire de la Gironde, Barre de La Coubre. Passe de l'Ouest. Campagnes d'observation de 1962. P.A.B., rapport R.63 014.

**L.C.H.F., 1968.** Recherche des courants, étude des fonds marins au droit des émissaires Nord et Sud - Note complémentaire au rapport général. SIACRIBA, Ponts et Chaussées de la Gironde, Rapport général, 45 p., 9 cartes et plans et Note complémentaire Mars 1969, 4 p.

**L.C.H.F., 1969 b.** Estuaire de la Gironde, Synthèses des phénomènes naturels. P.A.B., rapport R.69 052.

**L.C.H.F., 1969 a.** Etude Hydraulique du Bassin d'Arcachon. Mission d'Observation en Nature. Départ. Gironde-Service Maritime. Rapport Général Fév. 1969, 68 p. Rapport Sédimentologique, Mars 1969, 65 p.

**L.C.H.F., 1970.** Port de Plaisance du Cap Ferret : Examen des possibilités d'Aménagement.

**L.C.H.F., 1973.** Etude hydraulique du Bassin d'Arcachon. Département de la Gironde. Service Maritime. M.I.A.C.A. Rapport général Mars 1973, 3 tomes : 37 p. + 47 p. + 52 p. + annexes et cartes.

**L.C.H.F., 1975.** Etude de la protection du littoral entre le Cap St Martin et l'embouchure de l'Adour - Synthèse des résultats obtenus en nature et sur modèle réduit. Département des Pyrénées Atlantiques, Ville d'Anglet, DDE-64, rapport oct. 75, 24 p.

**L.C.H.F., 1977.** Courantologie du Bassin d'Arcachon. Campagne complémentaire et synthèse. S.I.B.A., C.E.T.E., rapport 24 p. + annexes.

**L.C.H.F., 1977.** Protection du littoral entre le cap Saint-Martin et l'embouchure de l'Adour, Etude sur modèle d'ensemble. Rapport général. D.D.E., rapport R.77 008.

**L.C.H.F., 1978.** Protection du littoral d'Anglet et de la côte des Basques contre l'érosion marine. D.D.E., rapport R.78 035.

**L.C.H.F., 1979.** Etude de l'influence des dragages sur l'équilibre des fonds littoraux. C.N.E.X.O., rapport R.79 124.

**L.C.H.F., 1979.** Etude en nature de la Côte Atlantique entre la Pointe de Grave et l'embouchure de l'Adour. M.I.A.C.A., rapport 269 p., 237 Fig., 169 photos.

**L.C.H.F., 1980.** Wharf de La Salie. Evolution des fonds. SIBA, note technique 9 p., 3 cartes.

**L.C.H.F., 1981.** Etude de l'évolution de la côte d'Anglet depuis 1973. D.D.E., District Bayonne-Anglet-Biarritz .

**L.C.H.F., 1982.** Etude de l'évolution du littoral de la Côte Aquitaine entre la pointe de Grave et l'embouchure de l'Adour. Synthèse des études. DATAR-MIACA, rapport 56 p., 50 photos.

**L.C.H.F., 1983.** Analyse par simulation des effets sur le littoral de l'ouverture de souilles destinées à l'extraction de granulats marins. M.I.A.C.A., D.D.E.-33, S.T.C.-C.N.E.X.O.

**L.C.H.F., 1985.** Site Lavergne II - Evolution du Cap Ferret. ESSO-REP, rapport 29 p., annexes.

**L.C.H.F., 1985.** Wharf de La Salie. Evolution des fonds. SIBA, rapport 16 p., 14 fig et 5 cartes et plans.

**L.C.H.F., 1986.** Protection contre les érosions du littoral de Capbreton. Municipalité de Cap-Breton, D.D.E. des Landes, rapport d'étude Fév. 1986, 22 p., annexes.

**L.C.H.F., 1987.** Catalogue sédimentologique des côtes françaises : côtes de la Manche et de l'Atlantique de la Baie du Mont Saint-Michel à la frontière espagnole. Partie C : de la Gironde à la frontière espagnole. Coll. Dir. Et. Rech. E.D.F., Ed. Eyrolles, n°65, pp. 371-552.

**L.C.H.F., LORIN J., MIGNIOT C., 1985.** Evolution de la Côte Aquitaine. Diagnostic. Mission de contrôle. M.I.A.C.A. - rapport 28 p., multigraph. et cartes.

**LABRAIMI M., 1977.** Le prisme sédimentaire du Bas-Médoc (France). Evolution sédimentologique et morphologique durant l'Holocène. Thèse 3ème cycle n°1352, Univ. Bordeaux I, 63 p., 37 fig., 3 tab.

**LAGARDERE J-P., 1966.** Recherches sur la biologie et l'écologie de la macrofaune des substrats meubles de la Côte des Landes et de la Côte Basque. *Bull. C.E.R.S.*, 6, 2, 143-209.

**LAHONDERE C., 1979.** La végétation des sables dunaires du littoral du Golfe de Gascogne entre Cap Breton et Hendaye. *Bull. Soc. Bot. du Centre-Ouest*, nouvelle série, 10, 235-246.

**LAPEYRE E., 1925.** Atlas du Bassin d'Arcachon : Reproductions de cartes anciennes des Passes de 1318 à 1913. Recueil inédit de calques manuels, 35 planches.

**LAPIERRE F., 1970.** Fleuves et rivages pré-flandriens sur le plateau continental du Golfe de Gascogne. *Quaternaria*, 12, 207-241.

**LAVAL, 1847.** Mémoire sur les dunes du Golfe de Gascogne. *Annales des Ponts et Chaussées*, 1847.

**LE CALVEZ Y., BERTHOIS L., 1959.** Deuxième contribution à l'étude de la sédimentation dans le Golfe de Gascogne. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, 23, 3, 323-377.

**LEBLAN J., 1988.** Le cordon dunaire littoral de la côte Aquitaine. Un patrimoine exigü et précaire. Analyse, Evolution. Rapport Office National des Forêts, Oct 1985.

**LEGENDRE R., 1910.** Recherches physico-chimiques sur l'eau de la côte à Arcachon. *Bull. Inst. Océan. Monaco*, 7, 158, 1-26.

**LEGIGAN P., 1986.** Evolution des dépôts littoraux au cours d'un cycle climatique sur la côte Nord-Aquitaine. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, 39, 135-147.

**LEVEQUE F., 1936.** Bordeaux et l'estuaire girondin. Imp. DELMAS, Bordeaux, 167 p.

**LEVEQUE P.C., 1973.** Résultats de l'utilisation de la télédétection, de l'oxygène 18 et du tritium pour l'étude de la marge littorale d'Aquitaine. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, 14, 241-254.

**LEVEQUE P.C., GROS J.C., MAURIN C., SEVERAC J., SIMEON C., VIGUIER C., 1972.** Utilisation de la télédétection infrarouge et des mesures isotopiques - tritium et oxygène 18 - pour l'étude des résurgences d'eau douce le long du littoral aquitain. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 274, 2841-2844.

**LORIN J., MIGNIOT C., 1984.** Recul du trait de côte le long du littoral aquitain. Notion de sédimentologie prévisionnelle. *Bull. Soc. Hydrotech. France*. XVIIIème Journées de l'Hydraulique, Marseille, 11-13 sept. 1984, "L'hydraulique et la maîtrise du littoral", II, 6, 9 p.

**LORIN J., VIGUIER J., 1987.** Régime hydrosédimentaire et évolution actuelle du littoral aquitain. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, 41, 95-108.

**LURENDAUM N., PAGE E., COMBE M., RIONDY G., 1994.** Confortement des falaises de la côte des Basques à Biarritz (Pyrénées-Atlantiques) - Bilan des travaux réalisés entre 1983 et 1992. *In Actes Jour. Aquit. Littoral - Bordeaux-Aquaculture*, 23 Mars 1994, 71-87.

**M.I.A.C.A., 1969.** Côte Aquitaine. Aménagement du Territoire d'Action Prioritaire (Gironde & Landes). Tome 1 : Etat actuel. DATAR-MIACA. Rapport, 97 p.

**M.I.A.C.A., 1972.** Stations d'épuration pour l'aménagement de la côte Aquitaine : apport de synthèse. Bureau d'ingénieurs conseils Coyne et Bellier : 10 p., annexes.

**M.I.A.C.A., 1975.** L'aménagement de la côte aquitaine. Où en est-on ? Brochure, 87 p., 12 cartes.

**M.I.A.C.A., 1976.** L'aménagement de la côte Aquitaine : La mi-parcours - printemps 1976. vol I : 103 p., vol II : 68 p., 10 cartes, annexes.

**MAITI D., THOMAS Y.F., 1975.** Interactions des plantes et du vent dans les dunes littorales. Mémoire E.P.H.E. n° 28, 59 p.

**MANAUD F., 1971.** L'évolution morphologique récente du Bassin d'Arcachon. Thèse de 3ème cycle Géographie, Univ. de Bordeaux III : 108 p., 42 pl. h.-t., 9 photos.

**MARES R., 1963.** Reprofilage des dunes littorales par des moyens mécaniques. *Rev. Forest. Fr.*, 5, 378-386.

**MARTIN J-M., GLANGEAUD L., DUGAS F., 1966.** Utilisation d'éléments radioactifs naturels comme traceurs dans l'étude du transport littoral des sables. Application à la côte des Landes. C.O.E.C.

**MASSE C., 1707.** Carte du cinquième carré de la générale du Médoc de partie de Guienne et de Saintonge. B.N., réimpression de 1896, Atlas in-folio maximo, 1/28 500.

**MASSE C., 1708.** Carte du quatrième carré de la générale du Médoc d'une partie de la Guienne et de Saintonge. B.N., réimpression de 1896, Atlas in-folio maximo, 1/28 500.

**MAYENCON R., 1969.** Etude statistique des observations de vagues. Cahiers océanographiques, XXI, 5, 487-501.

**MEHEDI Z., WEBER O., 1985.** Etude acoustique et sédimentologique du proche-plateau interne au large de La Salie. D.E.A., Univ. de Bx I, 116 p.

**METEO-MER, 1994.** Apport des données satellitaires à la connaissance appliquée de l'environnement marin. Séminaire C.L.A.R.O.M., 17-18 Mai 1994, 82 p.

**MICHEL D., 1997.** Evolution morphodynamique d'un littoral sableux situé à l'aval d'une embouchure lagunaire. Univ. de Bx I, Thèse n°1670, 162 p.

**MICHEL D., HOWA H., 1995.** Validation de l'estimation des débits solides (dérive littorale) par la technique des traceurs fluorescents. *In* I.A.S. - 16 th Regional Meeting of Sedimentology, Pub. A.S.F., Paris, 22, p.104.

**MICHEL D., HOWA H., TASTET J.P., 1993.** Modélisation de la migration d'un banc sableux littoral (Le banc de La Salie-Côte Aquitaine). *In* Actes du 4ème Congrès Français de Sédimentologie, Résumés, Publication ASF, Paris, n°19, 259-260.

**MIGNIOT C., LORIN J., 1979.** Evolution du littoral de la côte des landes et du Pays Basque au cours des dernières années. *La Houille Blanche* n°45, 265-279.

**MIRMAND M., 1986.** Exploration acoustique de la couverture superficielle du plateau continental landais. D.E.S.S. Océanologie, Univ. Bx I, 84 p.

**MOUSSIE B., 1973.** L'exploitation des eaux souterraines en domaine littoral : exemples des côtes du Bassin Aquitain. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, 14 : 199-231.

**MUSEUM D'HISTOIRE NATURELLE, 1966.** Projet Concernant la région des Landes et la Côte Aquitaine. Etude du service Conservation de la Nature pour l'Aménagement du territoire, Rapport n° 3, 34 p., annexes.

**NAUDIN J.J., 1971.** Etude morphostructurale du plateau continental aquitain. Thèse 3ème cycle n°936, Univ. de Bordeaux I, 114 p.

**NOEL M., 1992.** Les stratégies de protection du littoral - L'exemple du Bassin d'Arcachon. Maîtrise de Géographie urbaine et aménagement de l'espace, Univ. de Bx III, 98 p.

**NORMAND M., 1968.** Introduction à l'étude des lacs du littoral atlantique. Thèse 3ème cycle, Univ. Bx I, 210 p., 2 volumes, 77 fig., 56 tab., annexes.

**O.N.F., 1968.** Analyse du Littoral Aquitain. Fascicule 1 : Le Verdon, Soulac, Grayan, Vensac, Vendays, Naujac. DATAR, MIACA, OREAM Bx-Aquitaine Etude n°28, Rapport 34 p., 2 cartes 1/20 000.

**O.N.F., 1968.** Analyse du Littoral Aquitain. Fascicule 2 : Hourtin, Carcans, Lacanau. DATAR, MIACA, OREAM Bx-Aquitaine Etude n°29, Rapport 16 p. + 2 cartes 1/20 000.

**O.N.F., 1968.** Analyse du Littoral Aquitain. Fascicule 3 : Le Porge, Lège, La Teste. DATAR, MIACA, OREAM Bx-Aquitaine Etude n°30, Rapport 22 p. + 2 cartes 1/20 000.

**O.N.F., 1968.** Analyse du Littoral Aquitain. Fascicule 4 : Biscarrosse, Gastes, St-Eulalie, Mimizan, St-Julien. DATAR, MIACA, OREAM Bx-Aquitaine Etude n°31, Rapport 16 p. + 2 cartes 1/20 000.

**O.N.F., 1968.** Analyse du Littoral Aquitain. Fascicule 5 : Lit-et-Mixe, Vielle-St-Girons, Moliets, Messanges, Vieux-Boucau, Soustons.. DATAR, MIACA, OREAM Bx-Aquitaine Etude n°32, Rapport 16 p. + 2 cartes, 1/20 000.

**O.N.F., 1968.** Analyse du Littoral Aquitain. Fascicule 6 : Seignosse, Hossegor, Capbreton, Labenne, Ondres, Tarnos. DATAR, MIACA, OREAM Bx-Aquitaine Etude n°33, Rapport 17 p. + 1 carte 1/20 000.

**O.N.F., 1996.** L'O.N.F. et l'espace littoral. Dossier d'information, Direction technique et commerciale de l'O.N.F., 59 p.

**O.N.F., POUGET F., BARRERE P., GEOSYS, 1990.** Atlas des types de dunes du littoral aquitain. Office National des Forêts-GEOSYS, Atlas 1/25 000, notice technique.

**OGAWA N., 1978.** Study of hydrological sedimentary phenomena in the Cap Breton sector. Dissert. Abstr. Internat., 39 (1) 52 p.

**ORGERON C., 1974.** Sédimentologie des passes d'entrée du Bassin d'Arcachon. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, 15, 31-51, 18 Fig.

**P.A.B., 1903.** Gironde, Passe du Sud. Archives du P.A.B - Service hydrographique? carte bathymétrique, 1/ 20 000, coordonnées locales.

**P.A.B., 1915.** Gironde, Sondages de la Passe du Sud. Archives du P.A.B., carte hydrographique, 1/20 000, coordonnées locales.

**P.A.B., 1933.** Estuaire de la Gironde. Archives du P.A.B., carte hydrographique, 1/40 000, coordonnées locales.

**P.A.B., 1963.** Estuaire de la Gironde. Archives du P.A.B., carte bathymétrique n°210, 1/40 000, coordonnées locales,

**P.A.B., 1982.** Défense contre la mer de la presqu'île du Bas-Médoc. Note historique et technique, 12 p., annexes cartographiques.

**P.A.B., 1983.** Embouchure de la Gironde, Passe du Sud, Sondages généraux. Archives du P.A.B., carte hydrographique, 1/20 000, quadrillage Lambert II.

**P.A.B., 1993.** Généraux passe sud - Passe d'entrée de la Gironde. Archives P.A.B., carte hydrographique, 1/20 000, quadrillage Lambert II.

**P.A.B., S.O.G.R.E.A.H., 1995.** Diagnostic de l'évolution du littoral au droit de la Commune de Soulac-sur-Mer - Propositions de solution de protection. Mairie de Soulac, rapport ref. SOGREA H 51 1451/JVr, janv. 1995, 8 p., fig., note complémentaire mars 1995, 9 p., annexes.

**P.A.B., S.O.G.R.E.A.H., 1997.** Diagnostic de l'évolution du littoral sur la façade orientale de la flèche du Cap Ferret. Municipalité de Lège-Cap Ferret, rapport 52 p., figures et photos.

**PAPY L., 1979.** Un secteur sensible de la côte de Gascogne : Capbreton. *In Actes du 104ème Congrès des Sociétés Savantes*, 1979, publ. par C. H.T.S., Paris, 1980, p. 195-202.

**PAQUEREAU M.M.,** Tourbes du début de l'atlantique sur le littoral du Pin-sec. *C.R. Soc. Géol. Fr.*, (3) : 78-79.

**PASKOFF R., 1984.** La côte Atlantique du Bassin d'Arcachon à l'estuaire de la Loire. Impact des aménagements sur son évolution. *In Actes du 25ème Congrès International de Géographie Paris-Alpes*, 1-8 septembre 1984, 73 p.

**PEDREROS R., 1994.** Dynamique sédimentaire résiduelle de deux systèmes côtiers : un littoral, une baie. D.E.A. Univ. de Bx I, 36 p.

**PEDREROS R., HOWA H., MICHEL D., 1996.** Application of grain size trends analysis for the determination of sediment transport pathways in intertidal areas. *Marine Geology*, sous-  
presse.

**PELLEGRIN J.C., 1990.** Evolution morphologique de la flèche du Cap Ferret. D.E.A., Univ. Bx III.

**PENIN F.1980.** Le prisme littoral aquitain : histoire holocène et évolution récente des environnements morfo-sédimentaires. Thèse de 3ème Cycle, n°1577, Univ. Bordeaux I, 129 p.

**PIRAZOLLI P.A., 1993.** L'évaluation des variations globales du niveau de la mer. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, 53, 139-140.

**POIGNANT A.F., 1967.** Evolution des côtes sableuses, celle des Landes en particulier. *Ann. Univ. et Bull. Assoc. région. Etude Rech. scient.*, Reims, 5, 65-67.

**POMPARAT D., 1970.** Etude Géomorphologique du littoral médocain entre Le Verdon et Le Porge. T.E.R., Inst. Géogr., Univ. Bx III, 47 p.

**POUGET F., 1984.** Télédétection de l'évolution du littoral - Exemple du Cap Ferret. Conservatoire National des Arts et Métiers, Ecole Supérieure des Géomètres et Topographes, Rapport d'Ingénieur, 139 p., annexes.

**POUGET F., 1989.** Caractérisation des faciès du milieu dunaire aquitain par télédétection. Thèse Univ. Bordeaux III, Mémoires et documents du L.G.P.A. n°3, 271 p.

**PRADEAU J., 1988.** Dynamique du littoral médocain : plages et dunes de Lacanau Océan et de la flèche sableuse du Cap Ferret. Thèse de 3ème Cycle, Université de Bordeaux III, 130 p.

**PRENANT A., 1968.** Le Littoral atlantique. Rapport DATAR, Institut de Géographie, Université de Bx III, Fasc. n°4, 60 p., 2 cartes h.t.

**PRUD'HOMME R., 1972.** Analyse morphostructurale appliquée à l'Aquitaine occidentale et au Golfe de Gascogne. Définition d'une méthodologie de cartographie interprétative. Thèse Doct. ès Sci. Univ. Bordeaux I, n° 353 : 365 p., 222 fig.

**REGRAIN R., 1973.** Bibliographie analytique des côtes de France de la Pointe du Payré (Vendée) à l'estuaire de la Gironde inclus. Mémoire EPHE n° 24, 181 p.

**RIBATET G., 1997.** L'évolution du trait de côte du littoral Atlantique de la Seudre à l'Adour depuis l'époque historique. *Trav. Lab. Géogr. phys. appliquée*, Univ. Bordeaux III, 15, 25-44.

**ROMANOVSKY V., 1962.** L'état actuel de nos connaissances sur le littoral des Landes. C.R.E.O. : 72 p.

**ROUSSELOT J., TARRICQ P., 1983.** Géomorphologie dynamique et aménagement appliqués au cordon dunaire du littoral aquitain. Contrat O.N.F/Univ. Bx. III, Inst. de Géographie, T.E.R. n° 763, rapport 196 p.

**ROUSSET-NEVERS J., 1987.** Inauguration de la chapelle des marins rénovée. *Bull. Soc. Hist. Arch. Arcachon*, 52, 42-45.

**S.C.E.T.O., 1970.** La Côte Aquitaine. Aménagement Touristique : 1. Note de Synthèse, 2. Circuits touristiques, 3. Types de stations, 4. manque, 5. La Gironde, 6. Bombannes, 7. Capbreton, 8. Navigation intérieure (Midi, Brouds, Hollande). MIACA, OREAM Bx-Aquitaine, Etude n°215.

**S.H.O.M., 1968.** Courants de marée des Côtes de France Nord et Ouest. Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, Ouvrage nautique, 550, 269-283.

**S.H.O.M., 1989.** France (côte Ouest) : de Belle-Ile à la frontière espagnole. Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, Série des Instructions nautiques, C, 2.3., 1-93, 241-271.

**S.O.G.R.E.A.H., 1968.** Mise en Valeur de la Côte Aquitaine. Canal d'Aquitaine. Etude exploratoire du tracé dans l'itinéraire Bassin d'Arcachon - Lac de Biscarrosse-Parentis. DATAR, OREAM Bx-Aquitaine, Avril 1968, 16 p., 3 plans.

**S.O.G.R.E.A.H., 1968.** Mise en Valeur de la Côte Aquitaine. Poste 2. Etude du débouché en Gironde du canal de débit à Saint-Vivien et recherche des solutions susceptibles d'éviter ou de réduire le pompage. Poste 4. Etude de la liaison dans la zone de Montalivet entre le niveau supérieur et le niveau inférieur du Canal d'Aquitaine, de l'évacuation de l'excédent du débit, de l'ouvrage de garde. DATAR, Marché n°67.01.165, Juillet 1968, 27 p.

**S.O.G.R.E.A.H., 1971.** Aménagement Touristique de la Côte Aquitaine. Canal Hourtin-Lacanau. Etude de Réalisation : 1ère Phase. DATAR, MIACA, OREAM Bx-Aquitaine Etude n°334, Rapport n°R.Pa. 10793, Mai 1971, 20 p.

**S.O.G.R.E.A.H., 1972.** Mise en valeur de la Côte Aquitaine. Canal Hourtin-Lacanau. Etude de Réalisation : 2ème Phase. DATAR, MIACA, Rapport n°R.Pa.10987. 19 p.

**S.O.G.R.E.A.H., 1985.** Littoral du Pyla. Municipalité de La Teste, rapport SOGREAH 2020/JV.

**S.O.G.R.E.A.H., 1985.** Plage de St-Jean-de-Luz. Municipalité de St-Jean-de-Luz, rapport 1985/ELC.

**S.O.G.R.E.A.H., 1986.** Plage de Marinella. District B.A.B., rapport SOGREAH /PG.

**S.O.G.R.E.A.H., 1988 b.** Anglet, Plage des Cavaliers - Défense longitudinale. Mairie d'Anglet, rapport n°5 1109 Mai 1988, 9 p., 5 cartes et 3 photos.

**S.O.G.R.E.A.H., 1988 a.** Littoral d'Anglet. D.D.E.-64, rapport SOGREAH 51 126/JVR.

**S.O.G.R.E.A.H., 1990.** Plage de St-Jean-de-Luz. Lutte contre les problèmes d'érosion. Municipalité de St-Jean-de-Luz, rapport SOGREAH 512180/EdC.

**S.O.G.R.E.A.H., 1991.** Wharf de La Salie. Evolution des fonds SIBA, rapport, 11 p., 14 fig, 3 cartes.

**S.O.G.R.E.A.H., 1992.** Anglet, Plage de la Barre - Défense de la promenade de front de mer. Mairie d'Anglet, rapport n° 5 1353 Avril 1992, 7 p., photos et cartes.

**S.O.G.R.E.A.H., 1992.** Etude du débouché du Courant de Mimizan. Commune de Mimizan, rapport n° 5 1350, Oct. 1992, 42 p., 45 figures.

**S.O.G.R.E.A.H., 1992.** Port de Capbreton - Entretien des fonds à la sortie du Boucarot. SIVOM Côte Sud, Rapport n°5 1357 SOGREAH 6629 Avril 1992, 25 p., annexes.

**S.O.G.R.E.A.H., 1992.** Stabilisation du débouché en mer du courant de Mimizan. Municipalité de Mimizan, rapport SOGREAH 51 350/ADI.

**S.O.G.R.E.A.H., 1993.** Etude sur modèle physique de l'embouchure de l'Adour. C.C.I. de Bayonne et du Pays Basque, rapport SOGREAH 51 385/ELC.

**S.O.G.R.E.A.H., 1993.** Evolution du Cap Ferret. ESSO REP, rapport SOGREAH 51 378/JVR.

**S.O.G.R.E.A.H., 1993.** Littoral d'Anglet - Projet d'aménagement de la plage des Sables d'Or (Nord) - Avis technique. Mairie d'Anglet, rapport n° 5 1389, Fév. 1993, 14 p., 9 fig., annexes.

**S.O.G.R.E.A.H., COCHE R., 1966.** Mise en valeur de la Côte Aquitaine. Tome 1 : Quelques données physiques et démographiques et esquisse sommaire d'une implantation touristique. DATAR. OREAM Bx-Aquitaine, Rapport n°203, 17 p.

**S.O.G.R.E.A.H., COCHE R., HAVRENG F., 1966.** Mise en Valeur de la Côte Aquitaine. Note de synthèse et Tome 1 : Propositions de développement touristique. Sommaire et 1ère Partie - Base du développement. DATAR, Etude n°R.9427, déc. 1966. 92 p.

**S.O.G.R.E.A.H., L.A.R.A.G., 1995.** Littoral de la Gironde - Evolution prévisible. Préfecture de la Gironde, rapport ref. SOGREAH 51 1456/JMG, décembre 94, actualisation juin 1995, 70 p., 44 figures, 28 photos, 9 plans h.-t..

**SAINT JOURS B., 1901.** Age des dunes et des étangs de Gascogne. *Rev. Soc. Géogr. comm. Bordeaux*, 12 à 16, 213-260.

**SAINT JOURS B., 1902.** Fleuves côtiers de Gascogne. *Rev. Soc. Géogr. comm. Bordeaux*, 7 à 9, 125-135, 159-166.

**SAINT JOURS B., 1903.** Preuves de l'antique stabilité des côtes de Gascogne. Comité Trav. hist. scient. *Bull. Geogr. hist. descr.*, 2, 218-227.

**SAINT JOURS B., 1904.** Il n'existait pas de baies ouvertes en Gascogne. Comité Trav. hist. scient., *Bull. Geogr. hist. descr.*, 1, 96-105.

**SAINT JOURS B., 1904.** Le port de Soulac. Les dunes et les étangs de Gascogne. *Rev. Soc. Géogr. comm. Bordeaux*, 20, 297-306 ; 22, 330-334 ; 23, 337-343 ; 24, 357-363.

**SAINT JOURS B., 1908.** Sables marins de la côte landaise (calibre et origine). *Rev. Soc. Géogr. comm. Bordeaux*, 11, 221-232.

**SAINT JOURS B., 1920.** Les embouchures de l'Adour. *Rev. Soc. Géogr. comm. Bordeaux*, 43-46, 147-165.

**SAINT JOURS B., 1929.** La stabilité du pourtour de la Gascogne maritime depuis dix mille ans prouvée par la lecture du sol. *Rev. Soc. Géogr. comm. Bordeaux*, 1-25.

**SALOMON J-C., BRETON M., 1995.** Arcachon - L'Hydrodynamique par la modélisation mathématique. Rapport provisoire IFREMER/DEL/HS, 12-96, 23 p + 54 fig.

**SICRE DE CINQ MARS, 1772.** Carte du bassin d'Arcachon pour servir au projet de l'établissement d'un Fort à la Pointe de la côte Notre Dame pour défendre la passe du Nord et l'arrivée de celle du Sud et d'une redoute a la cote du Pillats, pour défendre celle du Sud. I.G.N., cote : chem. 261 B. 1 feuille, Echelle 1/28 800.

**SITARZ J., 1963.** Contribution à l'étude de l'évolution des plages à partir de la connaissance des profils d'équilibre. *Trav. du C.R.E.O.*, t.V, 195 p.

**SOTTOLICHIO M., 1995.** Catalogue sédimentologique des côtes françaises - Côtes de la Manche et de l'Atlantique - Annexe 1 : Littoral du département de la Gironde - mise à jour 1983-1994. S.T.C.P.M.V.N., P.A.B., S.M.N.G., Univ. de Bordeaux I, rapport 122 p.

**SUBRENAT M., 1970.** Géomorphologie dunaire du littoral aquitain, région s'étendant du courant de Contis à l'Adour. T.E.R., Inst. Géogr., Univ. Bordeaux III, 83 p.

**SUCASAS DA COSTA J.P., 1977.** Contribution à l'étude morphologique et sédimentologique du littoral et du proche plateau continental du Bassin d'Arcachon à l'Etang de Biscarrosse (Aquitaine, France). Thèse 3ème cycle, n°1404, Univ. Bordeaux I, 54 p.

**TAILLENTOU J.J., 1996.** Le Littoral landais au début du XIXème siècle d'après la carte des dunes de Dumont. *Bull. Soc. Borda*, 441, 9-38.

**TASTET J-P., 1994.** Morphogénèse holocène de la zone littorale aquitaine : l'exemple du Nord-Médoc. *Pétrole et techniques*, 390, 31-35.

**TAVARES DE MACEDO DIAS G., 1976.** Morphologie et évolution du prisme sédimentaire littoral et du proche plateau continental sur la côte Aquitaine entre Hourtin et Le Porge (Médoc, France). Thèse 3ème Cycle n°1338, Univ. Bordeaux I, 75 p.

**THAURONT F., 1994.** Les transits sédimentaires subtidaux dans les passes internes du Bassin d'Arcachon. Thèse Univ. Bordeaux I, Géologie marine, n° 1240, 304 p.

**THOMAS Y.F., 1975.** Actions éoliennes en milieu littoral : la Pointe de la Coubre. *Mém. Labo. Géomorphologie de l'E.P.H.E*, 29, 146 + 56 p.

**TURCQ B., 1984.** Faciès et formes sédimentaires du plateau continental nord-aquitain, réponse aux processus hydrodynamiques actuels. Thèse 3ème cycle, Univ. Bordeaux I, n°1967, 192 p.

**TURCQ B., CIRAC P., BERNE S., WEBER O., 1986.** Caractéristiques des environnements sédimentaires de la plate-forme continentale Nord-Aquitaine en relation avec les processus hydrodynamiques actuels. Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, 39, 149-164.

**VANBALBERGHE G., 1992.** Les aménagements du milieu dunaire à Lacanau-Océan. Mémoire de Maîtrise, Univ. de Bx.III, Inst. d'Aménagement, 85 p.

**VASSAL J.-P., 1980.** Les houles exceptionnelles et leurs conséquences. Estimation des conditions maximales de l'état de la mer sur le Golfe de Gascogne. Analyse d'une forte tempête récente 30 novembre- 5 décembre 1976.. Thèse d'Université n°111, Univ. de Bx I, 119 p.

**VOLMAT J., 1924.** Passe Sud, Platin de Grave, Chenal de Saintonge Montrevel. Archives du P.A.B., carte 1/20 000.

**VOULGARIS G., SIMMONDS D., MICHEL D., HOWA H., HUNTLEY D.A., COLLINS M.B., 1996.** Sédiment transport processes on a macrotidal ridges and runnel beach. *Jour of Coast. Res.*, sous presse.

**WALRYCK A., CUNCHINABE E., COQUELIN C., 1993.** Etude d'évaluation des enjeux socio-économiques concernant l'aménagement du littoral aquitain. Comité d'Expansion Aquitaine, Convention IFREMER 92/2 320 364, rapport 108 p.

**WEBER O., 1978 b.** Evolution morphologique, granulométrique d'un profil littoral de la dune à la plage sous-marine à La Salie (Gironde) en fonction des saisons. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, 23, 39-54.

**WEBER O., 1978 a.** Transits sédimentaires et évolution saisonnière de la zone littorale à La Salie (Gironde). Thèse 3ème Cycle, Univ.de Bordeaux I, n°1457, Géol. appl. dom. marin, 126 p.

**WEBER O., CASTAING P., 1979.** La circulation des sables dans la zone littorale de la côte aquitaine. In C.R. 104ème Congrès nat. Soc. sav., Bordeaux, Comité Trav. hist. scient., Sect. Sci. fasc. III, 73-84.

## Annexe 1. Cartes SHOM

Numéro	Date levé	Date publication	Format	Echelle	Zone couverte
172		1830	BEAUTEMPS- BEAUPRE		Environs du Bassin d'Arcachon (de Hourtin à St Eulalie)
172		1870			
4872	1825-1949	1930			
		1895		1/125 288	De la Pointe des Baleines à Hourtin
172		1930			Environs du Bassin d'Arcachon
6338	1824-1951	1961		1/125 620	De la Pte des Baleines à l'Etang d'Hourtin
6571	1963-1964	1967	LE FER A.	1/224 790	D'Arcachon à StVicente
6572	1951-1964	1967	GROUSSON	1/219 954	De Maumusson à Arcachon
6787		1979		127 000	De Grave à Biscarrosse
6557		1973		1/49 600	De St Girons à l'Adour
6586		1978		1/10 000	Entrée de Cap-Breton
6786		1978		1/130 000	De le Pte d'Arcachon à Zumaya
7070		1985		167 000	De Chassiron à Biscarrosse
6766		1991		1/48 800	Bassin d'Arcachon
6536		1992		1/10 000	Entrée de l'Adour